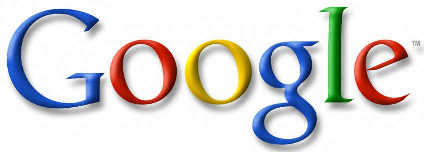
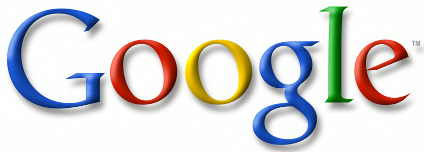
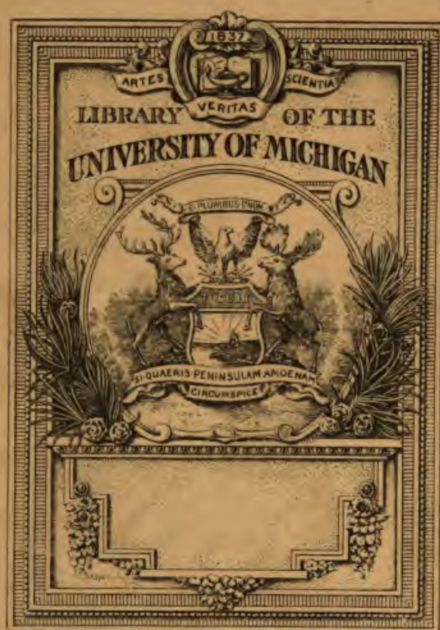
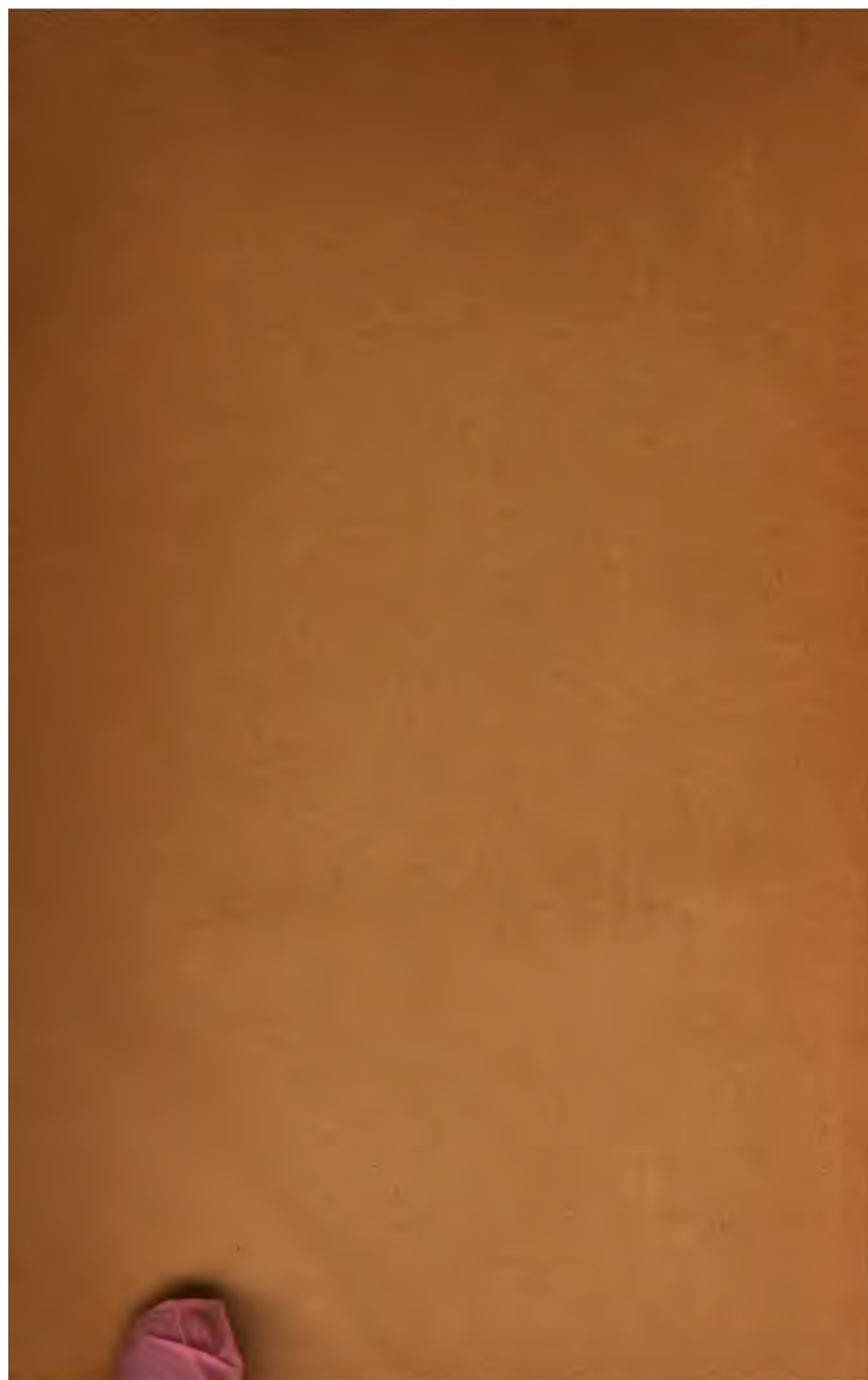





1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



Botanische Mittheilungen

von

Carl Nägeli.

III. Band.

Mit 1 Tafel.

(Aus den Sitzungsberichten der k. b. Akademie der Wissenschaften in München.)

München

Druck von F. Straub.

1881.

Inhaltsverzeichniss.

30. Ueber die Innovation bei den Hieracien und ihre systematische Bedeutung.

(Hiezu eine Tafel.)

(Vorgetragen den 10. November 1866.)

Es giebt kaum ein Merkmal zur Unterscheidung der Gruppen und Species in der Gattung Hieracium, bezüglich dessen die herrschenden Ansichten so sehr einer Berichtigung bedürfen, wie die Innovation. Man versteht darunter die Art und Weise, neue Triebe zu bilden, insbesondere den Zustand, in welchem die Sprossanfänge überwintern, um im Frühjahr in blühende Stengel auszuwachsen.

Bis in die neuere Zeit wurde auf die Innovation gar nicht geachtet, selbst nicht von den Hieracien-Monographen Tausch (1828), Monnier (1829) und Froelich (1838) sowie von dem so genauen Pflanzenbeschreiber Gaudin (1829), — wenn wir einzelne zufällige und ohne Beziehung gemachte Bemerkungen in den Beschreibungen ausnehmen. Von Froelich wird bloss ein entfernt verwandter Begriff, der in dem Gegensatz der Phyllopodie und Aphyllopodie beruht, bei zwei Gruppen zum ersten Mal als Unterscheidungsmerkmal benutzt.

Die Eintheilung nach den biologischen Merkmalen des Neuwuchses versuchen zuerst Hegetschweiler und Koch. In seiner Flora der Schweiz spaltet Hegetschweiler (1839) die Gattung Hieracium in drei Hauptgruppen.

A) Wurzelblättrige. Die Wurzel treibt Wurzelköpfe oder Ausläufer. Hieher gehören die Piloselloidea und die Pulmonaroidea. Von den letztern wird angegeben, dass das Rhizom neben dem alten Stengel gegen den Herbst einen Büschel Blätter bildet, aus deren Mitte das nächste Jahr der neue Stengel entsteht.

B) Gemischtblättrige. Die Wurzel entwickelt gegen

den Herbst einige Wurzelblätter (d. h. für die Triebe des nächstfolgenden Jahres). Hieher die Prenanthoidea mit H. alpinum Lin. und H. amplexicaule Lin., die Picroidea, die Villosa, die Barbata (mit H. glanduliferum Hoppe) und die Glauca.

C) Stengelblättrige oder Gemmifera. Die Wurzel treibt keine Wurzelköpfe und keine Blätterbüschel, sondern gegen den Herbst unterirdische weisse, schuppige Gemmen, aus welchen im Frühjahr ein beblätterter Stengel hervorbricht. Hieher die Polyphylla (mit H. umbellatum Lin., H. boreale Fr. etc.)

Hegetschweiler unterscheidet also zweierlei Innovationen, solche mit Blätterbüscheln (bei A und B) und solche mit Gemmen (bei C). Etwas eingehender wurden diese Verhältnisse von Koch auf der Naturforscherversammlung in Erlangen im September 1840 behandelt. Derselbe bestimmt die Aphyllopoden in der Art, dass sie nie Wurzelblätter haben, indem das aus dem Samen sich entwickelnde Pflänzchen sogleich nach der Entwickelung der Samenblätter in den Stengel trete, ohne auf dem Wurzelkopfe einen Büschel von Blättern zu bilden. Am Grunde des Stengels stehen schuppenförmige Blätter, die am meisten ausgebildeten Blätter befinden sich in der Regel im untern Drittel desselben. Dieser erstjährige Stengel blühe gewöhnlich nicht. Er erzeuge im Nachsommer an seinem Grunde eine oder zwei unterirdische Knospen, welche im Frühling des folgenden Jahres zu Trieben sich entfalten. Die letztern seien aphyllopod und dem Stengel des ersten Jahres ähnlich, bringen aber Blüthen hervor und legen am Grunde wieder Knospen an.

Die phyllopoden Hieracien dagegen haben Wurzelblätter und ausserdem Wurzelköpfe, die einen Büschel von Blättern tragen. Das aus dem Samen hervorsprossende Pflänzchen bilde im ersten Jahre bloss eine Blätterrosette. Aus der Mitte derselben erhebe sich im zweiten Jahre der blühende

Stengel, während neue mit Blättern gekrönte Wurzelköpfe erzeugt werden, aus denen im folgenden Jahr blühende Stengel hervorsprossen.

So klar und richtig diese von Koch gegebene Darstellung im Allgemeinen ist, so wenig befriedigt der Schluss des Referats in der Flora (1841, p. 651), „der wesentliche Unterschied der beiden soeben dargestellten Gruppen bestehe demnach darin, dass sich bei den Phyllopoden die Achse des Wurzelkopfes vor der Blüthenbildung nicht zum Stengel verlängere, während sie bei den Aphyllopoden, auch ohne dass die Pflanze bis zur Blüthenbildung fortgeschritten sei, sich in einen Stengel verlängern müsse". Demnach würde das Hauptgewicht auf den Umstand gelegt, dass bei den Aphyllopoden der aus dem Samen sich entwickelnde primäre Trieb selbst nicht zur Blüthenbildung gelangt, während er bei den Phyllopoden, wenn auch erst im zweiten Jahre, mit einem Blüthenstand abschliesst.

Dieser Unterschied ist rein zufällig, indem er von äussern Verhältnissen, nämlich von der Zeit der Aussaat und der Witterung bedingt wird. Wenn die Samen bei uns in Deutschland ins freie Land ausgesäet werden, so zeigen sie meistens das von Koch dargelegte Verhalten. Man kann aber auch alle Hieracien, phyllopode und aphyllopode, im ersten Jahr zur Blüthe und theilweise selbst zur Samenbildung bringen, wenn man sie früh genug in Töpfe säet und später, wenn die Frühlingswärme sich eingestellt hat, ins freie Land pflanzt. Der primäre aus dem Samen hervorgegangene Trieb schliesst also in diesem Falle auch bei den Aphyllopoden mit einer Inflorescenz ab, während er bei verspäteter Entwicklung nicht zur Blüthenbildung gelangt.

Im Jahr 1844 benutzte Koch in der zweiten Auflage der Synopsis florae germanicae et helveticae, nach dem Vorgange Hegetschweilers, die Innovation zur Charakterisirung der Gattungssectionen. Bei den Aurellen, Cerin-

thoideen, Pulmonaroideen, Andryaloideen und Pseudocerinthoideen „überwintern die Blätter der nichtblühenden Wurzelköpfe und sind noch zur Blüthezeit vorhanden". Bei den Prenanthoideen „hat die Pflanze im Herbst an der Wurzel Knospen oder kleine Blätterbüschel, aber die Wurzelblätter und die untern Stengelblätter sterben schon vor der Blüthezeit ab." Bei den Intybaceen und Accipitrinen „hat die Pflanze im Herbst weder Wurzelblätter noch Blätterbüschel sondern Knospen auf der Wurzel."

Diese Eintheilung der Hieracien-Gruppen nach der Innovation wurde sofort von E. Fries mit Begeisterung aufgenommen. Er nennt sie „herrlich und neues Licht bringend; so sei gezeigt, dass viele bisher vereinigte Formen nicht einmal mit einander zu vergleichen seien, indem sie nur analoge Ausbildungsformen in verschiedenen Reihen vorstellen." Er sagt voraus, dass „nach diesen Gründen die Arten zugleich würden reformirt und vermehrt werden" (in Lindblom's Bot. Notiser vgl. Hornschuch's Archiv 1845 p. 266).

In der Monographie, welche Fries im Jahr 1848 unter dem Titel Symbolae ad Historiam Hieraciorum veröffentlichte, spielt denn auch die Innovation der Pflanze als Prinzip der Eintheilung die erste Rolle. In der Einleitung (pag. XVII) sagt er, die Innovation geschehe auf dreierlei Weise: 1) durch Ausläufer (Stolonen), 2) durch Rosetten und 3) durch geschlossene Knospen. Die Fortpflanzung durch Stolonen, der Section der Pilosellen eigenthümlich, komme dem Vermögen nach allen Arten derselben zu, könne aber oft unterbleiben. Dieselbe trete in doppelter Weise auf. Bei den einen Species nämlich (in der Aufzählung gehören hieher die Stirps H. Pilosellae und die Stirps H. Auriculae) bilden die Ausläufer ein an der Oberfläche hinkriechendes Rhizom (rhizoma repens stoloniferum). Bei den andern (in der Aufzählung sind es die Stirpes H. praealti und H. cymosi) entspringen

sie unter der Erde und stellen eine schiefe Wurzel dar (radix a caule discreta). Fries bezeichnet nämlich noch die unterirdischen Stengeltheile als Wurzel.

Die Innovation durch Rosetten, welche unter den einheimischen Arten bei den Sectionen Aurella und Pulmonarea vorkomme, gehe unter Umständen in die erstgenannte über, indem die Rosetten unterhalb der Blätter in einen caudiculus stoloniformis sich verlängern. Die Blätter der Rosetten dauern nur bis im Frühjahr aus; die eigentlichen Wurzelblätter entwickeln sich später aus deren Mittelpunkt und bilden in ihren Achseln zum Theil die neuen Rosetten, indess die letztern bei andern aus der Wurzel selbst hervorgehen.

Die Innovation durch geschlossene Knospen, welche nach dem Absterben des Krautes am Grunde des Stengels sich bilden, gehöre vorzugsweise der Section Accipitrina an. Die ersten Blätter des Triebes bleiben schuppenförmig und bilden eine Knospe. Die folgenden Blätter steigen alle normal am Stengel in die Höhe und seien oft vom Grunde entfernt, wobei die untern vor den obern absterben. Daher seien diese Arten als aphyllopod zu bezeichnen, während diejenigen Species der Sectionen Aurella und Pulmonarea, bei denen die untern Blätter später ebenfalls fehlen, hypophyllopod genannt werden.

In der systematischen Aufzählung wird dann, entsprechend dieser Auseinandersetzung, der Section Pilosella „Innovation durch (oberflächliche oder unterirdische) Stolonen“, den Sectionen Aurella und Pulmonarea „Innovation durch Rosetten“ und der Section Accipitrina „Innovation durch geschlossene Knospen“ zugeschrieben.

Dem Beispiele von Hegetschweiler, Koch und Fries folgten die meisten Systematiker, welche Floren einzelner Länder bearbeiteten. Ich nenne bloss Grenier in der Flore de France 1850, welcher aber den Piloselloiden mit Recht

nicht bloss Stolonen, sondern auch Rosetten und ruhende Knospen zuschreibt und überdem die Stolonen in beblätterte und beschuppte, wurzelnde und nicht wurzelnde trennt und nach diesen Verschiedenheiten auch die Unterabtheilungen der Piloselloiden charakterisirt.

Dagegen gieng Grisebach in der Commentatio über die europäischen Hieracien 1852 von der Innovation als Hauptmoment der Eintheilung wieder ab. Abgesehen davon, dass er bei den Arten der Pilosellen angiebt, ob sie Stolonen besitzen oder nicht, und dass er eine Abtheilung seiner Vulgaten durch „gemmae autumnales squamaceae" charakterisirt, wird der verschiedenen Wurzelsprossbildung weiter keine Erwähnung gethan. — Der Behandlung Grisebachs schloss sich Reichenbach fil. in Deutschland's Flora 1860 an.

Eine besondere eingehende Untersuchung über die Innovation der Gruppe Pilosella Fries stellte Juratzka an (Verhandlungen des zoologisch-botanischen Vereins in Wien 1857 p. 531). Die Innovation, welche bei den Piloselloiden für die Erhaltung der Arten eine wichtigere Rolle spiele als die Samen, geschehe auf doppelte Weise: 1) durch Achselknospen und 2) durch Adventivknospen aus den Nebenwurzeln. Aus den Achselknospen entstehen, insofern sie sich nicht zu aufsteigenden blüthentragenden Trieben entwickeln, meistens ober- oder unterirdische Ausläufer, welche in eine bewurzelte Rosette endigen, seltener Rosetten, welche dem Grunde des Stengels aufsitzen und erst im folgenden Jahre in einen blühenden Stengel auswachsen. Die Innovation durch Adventivknospen auf den Nebenwurzeln komme in der Regel bei Arten vor, die keine Achselausläufer haben, so bei H. echioides, H. piloselloides, Formen von H. praealtum. Ueberhaupt scheinen axilläre Stolonen und Knospen auf den Nebenwurzeln einander auszuschliessen, so dass eine Pflanze nie beide Innovationen zugleich entwickele.

Was die systematische Verwendung der Innovations-

Merkmale betrifft, kommt Juratzka zu dem Schlusse, dass dieselben als spezifische Merkmale unbrauchbar seien. Sie sollen nämlich eine zufällige, durch die Bodenbeschaffenheit bedingte Erscheinung sein und daher bei der Veränderung der äussern Verhältnisse sowie auch bei geeigneter Kultur in einander übergehen.

In der zweiten Monographie, welche Fries 1862 als Epicrisis generis Hieraciorum veröffentlichte, bildet die Innovation noch in gleicher Weise und mit fast unveränderter Fassung wie in den Symbolae ein Merkmal der Gattungssectionen.

Nach dieser historischen Darlegung gehe ich zu der Betrachtung der Thatsachen selbst über. Die Fortdauer mehrjähriger Pflanzenstöcke beruht bekanntlich darauf, dass sich jährlich eine Anzahl neuer Organe bildet, und dass ein Theil derselben, während der übrige zu Grunde geht, ausdauert. Entweder bleiben diese perennirenden Theile bloss bis zur nächsten Vegetationsperiode oder durch mehrere Vegetationsperioden hindurch oder selbst die ganze Zeit der Dauer des Pflanzenstockes lebenskräftig. Bei den Hieracien, als perennirenden krautartigen Gewächsen, sterben im Herbste alle oberirdischen Theile ab, und es dauern nur die in und dicht an der Erde befindlichen, das Rhizom (oder die Wurzel im ältern Sinne) aus. Dasselbe besteht aus einer Verzweigung successiver Sprossordnungen, von denen bloss die Basilartheile übrig geblieben sind.

An dem Rhizom und zwar vorzugsweise oder ausschliesslich an den jüngsten Theilen desselben, also an den Sprossen der letzten Ordnung (oder, was das nämliche ist, an dem Grunde der diessjährigen im Herbste absterbenden Triebe)

werden im Nachsommer seitliche Sprossanlagen erzeugt, welche sich mehr oder weniger weit ausbilden, überwintern und im Frühjahr zu oberirdischen blühenden Stengeln auswachsen. Der Zustand, in welchem sich diese Sprossanlagen beim Einwintern befinden, hängt von der Zeit ihrer Entstehung und von der Raschheit ihres Wachsthums ab. Beides aber wird bedingt einerseits durch die spezifischen Wachsthumsverhältnisse der ganzen Pflanze, anderseits durch die äussern Einflüsse.

Die Wachsthumsverhältnisse stimmen darin bei allen Arten überein, dass der aus dem Rhizom entspringende Spross (Stengel) am Grunde mit schuppenförmigen Niederblättern, welche indess auch mangeln können, dann mit grünen Laubblättern und oberhalb mit kleinen schmalen grünlichen Hochblättern besetzt ist, worauf derselbe mit einem Blüthenkopfe abschliesst. Ferner, dass von einem bestimmten Punkte, der höher oder tiefer liegen kann, abwärts alle Blätter Axillarknospen bilden, welche unter günstigen Verhältnissen sich entwickeln und zwar letzteres in absteigender Folge, und welche dann selbst wieder in einen Blüthenkopf ausgehen. Die obern dieser Seitenstrahlen sind meistens nur mit Hochblättern, die untern immer auch mit Laubblättern besetzt. Die untersten dicht an der Erde befindlichen gleichen in allen Theilen dem sie erzeugenden Stengel selber.

Innerhalb dieses gemeinsamen Typus bestehen aber sehr wesentliche spezifische Differenzen, welche durch die Zahl der verschiedenen Blätter und durch die Länge der sie trennenden Stengelinternodien bedingt werden und welche ihrerseits auf das Verhalten der Axillarknospen zurückwirken.

Was zuerst die Zahl der Blätter betrifft, so giebt es, um nur die beiden extremen Fälle zu nennen, einerseits Pflanzen, bei denen sowohl die Niederblätter als die Laub-

und Hochblätter zahlreich vertreten (Hieracium boreale, H. umbellatum etc.), anderseits solche, bei denen sie bloss in sehr beschränkter Zahl vorhanden sind (H. murorum, H. alpinum etc.). Die höchste Reduction können die Niederblätter und die Hochblätter erfahren, erstere können selbst ganz mangeln, indess die Laubblätter nicht unter eine gewisse Zahl zurückgehen. Zwischen den beiden genannten Extremen giebt es Uebergänge mit verschiedenen Combinationen, z. B. spärliche oder mangelnde Niederblätter und zahlreichere Laubblätter (H. vulgatum, H. villosum etc.).

Mit Rücksicht auf die Länge der verschiedenen Stengelinternodien giebt es nur eine bei allen Species constante Erscheinung, diejenige nämlich, dass die Internodien zwischen den untersten Schuppen immer verkürzt sind. Von den übrigen Vorkommnissen übergehe ich diejenigen, welche die Hochblattregion betreffen, da sie wohl für die Systematik überhaupt, nicht aber für die Innovation von Bedeutung sind. Das Verhalten der Internodien in der Niederblatt- und Laubblattregion bietet uns folgende hauptsächlichste Fälle dar.

Bei manchen Arten sind die Internodien zwischen allen Nieder- und Laubblättern verkürzt; die Laubblätter bilden eine Rosette am Grunde des schaftartigen Stengels (H. murorum, H. florentinum, H. glaciale etc.). — Wenn die Internodien zwischen den obersten Laubblättern verlängert sind, so ist der Stengel über der grundständigen Rosette beblättert (H. vulgatum). — Bei andern Arten sind nur die Internodien zwischen den Niederblättern verkürzt, diejenigen zwischen den Laubblättern dagegen verlängert; der beblätterte Stengel hat keine basilare Blattrosette (H. boreale, H. umbellatum). — Endlich giebt es noch solche Arten, bei denen die Internodien zwischen allen oder doch den obern Laubblättern verkürzt sind, während die unter-

halb dieser Stelle befindlichen Internodien (zwischen den untern Laubblättern oder zwischen den Niederblättern) sich strecken. Dadurch entsteht eine gestielte Blattrosette, am Grunde des Blüthenschaftes, deren Stiel mit Laubblättern oder Niederblättern besetzt ist. Dieser Stiel sammt seiner Blattrosette ist in der Regel niederliegend und bewurzelt, und heisst Ausläufer (H. Pilosella, H. Auricula, H. aurantiacum).

In letzter Linie sind noch die spezifischen Verschiedenheiten bezüglich der Entfaltung der seitlichen Knospen zu erwähnen. Wie bereits bemerkt, sind alle Blätter des Stengels bis zu einer gewissen Höhe, die jedoch für verschiedene Arten äusserst ungleich ausfällt, mit entwicklungsfähigen axillären Sprossanlagen versehen, die sich der Reihe nach von oben nach unten entfalten. Wir treffen hier aber auf zwei Typen, die in ihren extremen Erscheinungen äusserst verschieden sind. Die absteigende Folge in der Knospenentfaltung setzt sich entweder ohne Unterbrechung fort, oder sie erleidet eine solche und zerfällt somit in zwei getrennte Entfaltungsreihen.

Ersteres findet man im allgemeinen bei den wenigblättrigen Arten und vorzugsweise bei den mit einer Blattrosette versehenen. Die Entfaltung der Knospen (Verzweigung) kann entweder in der Hochblattregion beginnen (H. murorum, H. glaciale, H. Auricula), oder erst in der Laubblattregion (H. Pilosella, H. glanduliferum, H. piliferum). Von dem Punkte, wo sie begonnen, schreitet sie Blatt für Blatt nach unten. Zuerst bildet sie Verzweigungen des Blüthenstandes, dann beblätterte Aeste, zuletzt Rosetten, die in wahre Stengel auswachsen (H. murorum), oder zuerst blüthentragende Schäfte, dann Rosetten oder Ausläufer (H. piliferum, H. Pilosella) etc. Die Knospen in der Achsel der Niederblätter und oft auch der untern Laub-

blätter bleiben unentwickelt, indem der Entfaltungsprocess nicht bis zu ihnen niedersteigt.

Der zweite Fall zeigt sich im Allgemeinen bei den reichbeblätterten Arten und vorzüglich dann, wenn der Stengel mit zahlreichen Laubblättern besetzt ist. Hier schreitet die Entwickelung der Knospen von der Spitze an nur bis auf eine gewisse Strecke weit fort. Sie beschränkt sich meistens auf die Hochblattregion und bildet die Inflorescenz. Die abwärts davon befindlichen Knospen gelangen nicht zur Entfaltung, so dass die Laubblattregion oft gänzlich oder beinahe gänzlich unverzweigt bleibt. Dagegen entwickeln sich die Sprossanlagen am Grunde des Stengels, die sich in der Achsel der untersten Laubblätter oder der obersten Niederblätter befinden. Sie treten zunächst als Ausläufer, Rosetten oder geschlossene Knospen auf, entwickeln sich später aber zu blühenden Stengeln. Auch diese Entwickelungsfolge beginnt an einem bestimmten Punkte und geht von da Blatt für Blatt abwärts, bis sie erlischt. Die unterhalb dieser Stelle befindlichen Axillarknospen, sei es in den untern Laubblättern und den Niederblättern, sei es in allen oder den untern Niederblättern gelangen nicht zur Entwickelung.

Dass die Entwickelungsfolge sowohl am oberen Ende als am Grunde des Stengels eine absteigende ist, lässt sich leicht direkt beobachten. Was die Spitze des Stengels betrifft, so giebt sie sich überdem durch das centrifugale Aufblühen der Köpfe kund.

Mit Rücksicht auf die Basilarregion sehen wir, dass im Allgemeinen je der obere Seitenspross auch der gefördertere ist, da er sein Wachsthum früher beginnt und in der Regel auch lebhafter betreibt. Die streng absteigende Folge am Grunde des Stengels erleidet aber sowohl oben als namentlich unten leicht Störungen. Dort ist zuweilen über dem obersten und grössten Seitentrieb noch eine oder die andere

wenig entwickelte Knospe sichtbar, was sich in der Regel auf äussere ungünstige Einflüsse zurückführen lässt. Unten wird die Entwicklungsfolge um so unregelmässiger, je weiter sie sich unter die Erdoberfläche erstreckt, und je längere Zeit sie andauert. Wir beobachten hier nicht selten, dass mit Ueberspringung mehrerer Axillarknospen eine tiefere sich entwickelt.

Die einzigen Achselknospen, welche unterhalb der sich entfaltenden Triebe der apicalen und basilaren Reihe unentwickelt bleiben, haben zwar ebenfalls das Vermögen auszuwachsen, aber sie realisiren dieses Vermögen nur unter aussergewöhnlichen Umständen. Wird an einer reichbeblätterten Art der oberste Theil des Stengels im Sommer abgeschnitten, so gelangen die Achselgebilde der übriggebliebenen Laubblätter zur Entwickelung und zwar gleichfalls in absteigender Folge. Ebenso können die Axillarknospen der untern Niederblätter nach einem oder noch mehreren Jahren in Triebe auswachsen, wenn der obere Theil des Rhizoms zu Grunde geht.

Berücksichtigen wir nun bloss die Seitentriebe, welche an der Basis des Stengels, dicht an oder in der Erde entspringen; denn sie sind allein bei der Innovation betheiligt. Dieselben bewurzeln sich und wiederholen morphologisch den Stengel. Sie lassen in ihrer Entwicklung drei Hauptperioden unterscheiden. Zuerst treten sie mit der Niederblattbildung in seltenern Fällen auch sogleich mit der Laubblattbildung als seitliche Knospen auf, dann gelangen sie mit der Laubblattbildung zur Entfaltung einer Rosette und zuletzt zur Bildung von Hochblättern und Blüthenköpfen. Für diese ganze Entwickelung bedarf ein Stengel, je nach seiner spezifischen Organisation und nach den äussern Verhältnissen einer sehr ungleichen Zeitdauer, und da die Sprossbildung an seinem Grunde schon während oder vor der Blüthezeit beginnt, so wiederholt sich der ganze Entwicklungsprocess bei den einen

Hieracien mehrmals während einer Vegetationsperiode, indess er bei andern die ganze Periode ausfüllt und daher jährlich nur einmal eintritt. Bei den letztern besteht das Rhizom aus ebenso vielen Sprossgenerationen als es Jahre zählt. Bei den ersteren können 2—5 Sprossgenerationen desselben einem einzigen Jahre angehören. Es giebt auch alpine Formen, welche normal nur alle zwei Jahre blühen, bei denen somit die Entwickelung des blühenden Sprosses zwei Vegetationsperioden erfordert (H. glanduliferum). Dabei sehe ich von allen Beispielen ab, wo ein Spross accidentell erst nach längerer Zeit zur Blüthe gelangt, indem sein Knospenzustand oder auch sein Rosettenzustand über das gewöhnliche Maass andauert.

Im Herbst, wenn die Vegetetation aufhört, sterben die über der Erde befindlichen Theile ab, auch wenn sie ihren Entwicklungscyclus nicht abgeschlossen haben und zur Fructification gelangt sind. Es dauern nur die Theile unter und an der Erdoberfläche aus. Diese befinden sich, insofern es seitliche Gebilde sind, welche allein im nächsten Jahre zu blühenden Stengeln auswachsen können, bald im Zustande von Knospen, bald von kurzen aufrechten oder von verlängerten niederliegenden Laubtrieben. Ihre Beschaffenheit ist aber verschieden je nach der morphologischen Beschaffenheit der Pflanze und nach der Entwicklungsfolge ihrer seitlichen Gebilde.

Die überwinternden Knospen sind einmal verschieden nach der Zahl der bedeckenden Schuppen. Nur Pflanzen, die zahlreiche Niederblätter bilden, haben grosse reichbeschuppte Knospen (H. boreale, H. umbellatum), während bei denjenigen Arten, deren Stengel nur wenige oder keine Niederblätter hervorbringen, auch die Knospen klein und unvollkommen ausfallen (H. murorum, H. villosum).

Eine andere Verschiedenheit der Knospen wird durch

die mehr fleischige oder häutige Beschaffenheit der Schuppen hervorgebracht. Knospen mit dicken fleischigen Schuppen sind fest und mit nahezu kreisrundem Querschnitte. Sie sind vermöge der reichlichen Reservenahrung offenbar für einen ruhenden Zustand angelegt. Knospen mit häutigen dünnen Schuppen oder Blättern sind weich und zusammengedrückt, nnd für eine ununterbrochene Vegetation bestimmt. Ob eine Knospe die eine oder andere Beschaffenheit annehme, hängt vorzugsweise von deren Lage ab, und wird zunächst durch das raschere oder langsamere Wachsthum bedingt. Befindet sie sich an der Erdoberfläche, so bleiben ihre Blattgebilde häutig und sie wächst sofort aus. Befindet sie sich dagegen unter der Erde, so verdickt sie ihre Schuppen und bereitet sich für einen Ruhezustand vor. Solche wirklich geschlossene Knospen kommen wohl bei allen Hieracien-Arten vor, während diejenigen mit ununterbrochener Entwickelung vielen reichbeblätterten Species gewöhnlich mangeln.

Endlich ist noch eine Bemerkung über die ungleiche Grösse der festen dicken geschlossenen Knospen zu machen, insofern dieselbe von ihrer Stellung in der Entwickelungsreihe der Axillartriebe bedingt wird. Bei einer Pflanze, welche am Grunde des Stengels bloss geschlossene Knospen bildet, sind wegen der absteigenden Entwickelungsfolge die obersten gross; die übrigen nehmen nach unten hin an Grösse allmählich ab. Bei einer Pflanze dagegen, an deren Stengelbasis die Knospen sofort zu Laubtrieben sich entfalten, findet man unterhalb der letztern bloss kleine geschlossene Knospen. Ihre für die Grösse der Pflanze oft auffallende Kleinheit rührt vorzüglich von dem Umstande her, dass es eben die untersten seitlichen Sprosse sind, welche sichtbar werden. Der absteigende Strom von plastischen Stoffen wird zur Entfaltung der obern auswachsenden Knospen verwendet, so dass für die untern geschlossenen

fast nichts mehr übrig bleibt. Daher kommt es, dass bei den meisten Hieracien-Arten die geschlossenen Knospen bisher übersehen, wenigstens nicht erwähnt wurden, weil sie immer nur klein sind.*

Die überwinternden Laubtriebe treten immer in der Gestalt von Rosetten auf, die aber mit Rücksicht auf ververschiedene Gesichtspunkte verschieden sein können. Erstlich haben sie einen ungleichen Ursprung. Die Mehrzahl ist aus dünnen weichen Knospen mit ununterbrochener Vegetation entstanden (H. murorum etc.). Andere dagegen verdanken ihr Dasein dem vorzeitigen Auswachsen von dicken, festen geschlossenen Knospen, die für die Winterruhe angelegt waren (Accipitrinen).

Ferner haben die Rosetten ein ungleiches Ansehen, je nachdem die Pflanze, der sie angehören, in der betreffenden Region verkürzte oder verlängerte Stengelinternodien hat. Im erstern Falle befinden sich alle Laubblätter sammt den Niederblättern dicht gedrängt beisammen. Im zweiten Falle sind zwar die obern Blätter der Rosette ebenfalls gedrängt, weil die Internodien sich noch wenig gestreckt haben: doch liegen sie nicht ganz so dicht übereinander, wie im ersten Falle. Die untern Blätter der Rosette dagegen sind sehr locker gestellt, oder selbst merklich von einander entfernt. Insoferne können wir also dichte und lockere Rosetten unterscheiden.

Eine andere Verschiedenheit für die überwinternden Rosetten ergiebt sich endlich noch aus dem Umstande, ob die Internodien des Triebes, der in eine Rosette ausgeht, unterhalb derselben sich beträchtlich in die Länge strecken oder nicht. Im letztern Falle sind die Rosetten sitzend oder kurzgestielt. Im erstern befinden sie sich am Ende eines längern mehr oder weniger horizontalen Stieles und treten als Stolonen auf. Ob dieser Stiel mit Niederblättern oder Laubblättern besetzt sei, hängt lediglich von dem Um-

stande ab, ob er in der Erde oder über derselben sich befindet. Soweit der Ausläufer wirklich hypogäisch ist, trägt er nur schuppenförmige und weissliche Niederblätter. Der epigäische Ausläufer hat grüne Blätter. Liegt er dicht an der Erde im Rasen versteckt, so sind seine Blätter zwar grösser und weniger weisslich als die ächten Niederblätter, aber doch kleiner, schmäler und viel blasser als die Laubblätter.

Ich habe noch einen Factor zu betrachten, welcher auf die Innovationsform Einfluss hat, es ist die Länge der Vegetationsperiode oder das Clima im Allgemeinen und die Witterung insbesondere, namentlich die des Herbstes. Diese Verhältnisse sind besonders für diejenigen Arten wichtig, welche während eines Jahres bloss einmal den vollständigen Entwickelungscyclus von der Niederblattbildung bis zur Fructification zu absolviren vermögen. Kommt eine solche Art in eine Gegend mit wärmerem Clima und folglich mit längerer Vegetationsperiode, oder wird ohne Ortsveränderung die Vegetationsperiode durch einen wärmern Sommer oder durch einen schönen und späten Herbst verlängert, so geht die Entwickelung der Pflanze einen Schritt weiter und sie kann dadurch bei einer andern Innovationsform anlangen. Im umgekehrten Fall, wenn nämlich die Vegetation durch ungünstige Witterung oder eine andere Ursache abgekürzt wird, kann die Innovation auf einer frühern Stufe stehen bleiben. Zur Erläuterung mögen folgende zwei Beispiele dienen.

Eine reichbeblätterte Hieracien-Art treibe jährlich einmal blühende Stengel, an deren Grund im Herbste geschlossene Knospen ausgebildet werden. Eine aussergewöhnlich verlängerte Vegetationsperiode bewirkt, dass die obern dieser Knospen zu Rosetten auswachsen, und dass daher die Pflanzen, statt wie gewöhnlich mit geschlossenen unterirdischen Knospen, nun mit grünen oberflächlichen Blätter-

büscheln überwintern. Das gleiche Resultat kann unter Umständen auch durch eine besonders reichliche Ernährung hervorgebracht werden.

Als zweites Beispiel treibe eine mässig beblätterte Art jährlich gleichfalls nur einmal blühende Stengel; an deren Basis entwickeln sich aber im Herbste Blattrosetten. Wird in Folge kalter Witterung oder in Folge frühen Einwinterns die Vegetationsperiode verkürzt, so können sich die Knospen am Grunde des Stengels nicht mehr entfalten, und die Pflanzen überwintern mit Knospen, statt mit Rosetten. — Tritt dagegen bei der nämlichen Art in irgend einer Weise eine Verlängerung der Vegetation ein, so wachsen die Rosetten, welche den Winter hätten ausdauern sollen, in blühende Stengel aus, welche nun an ihrem Grunde bloss noch Knospen, nicht aber Rosetten zu bilden vermögen. Auch in diesem Falle überwintern die Pflanzen mit Knospen und nicht mit Rosetten.

Es giebt Hieracien-Arten, bei denen normal zweimal oder mehrmals während eines Jahres blühende Stengel gebildet werden. Wenn die Sprossgenerationen dabei streng von einander geschieden sind, so ist der Erfolg einer Verlängerung oder Verkürzung der Vegetationsperiode für die Innovation der einzelnen Pflanze der nämliche, wie bei denjenigen Arten, welche normal nur einen Jahrestrieb hervorbringen. Wir beobachten namentlich, dass die Rosetten durch Knospen ersetzt werden. Doch zeigt sich darin eine Differenz, dass bei den Arten, welche normal nur einmal blühen, in der Regel alle Pflanzen oder doch die grosse Mehrzahl in der Innovation übereinstimmen. Bei denjenigen Species dagegen, welche mehrmals im Laufe des Jahres blühen, weichen die Pflanzen verschiedener Standorte und oft selbst die der gleichen Localität in der Innovation von einander ab. Die einen überwintern mit Knospen, die andern mit Rosetten. Diess rührt daher, weil die ver-

schiedenen Pflanzen nicht gleichzeitig ihre Entwickelungsphasen durchlaufen. Die einen blühen und legen Wurzelknospen an, indess andere dieselben bereits zu Rosetten ausbilden.

Ferner giebt es Arten, bei denen ebenfalls während einer Vegetationsperiode mehrere Stengelgenerationen zur Blüthe gelangen, wo aber diese Generationen der Zeit nach nicht strenge geschieden sind. Hier dauert das Blühen an einem Stock fast ununterbrochen fort, und ebenso die Anlage von Wurzelknospen und die Ausbildung derselben zu Rosetten. Die Verkürzung oder Verlängerung der Vegetation hat bloss noch für den einzelnen Spross, nicht aber für den ganzen Pflanzenstock Bedeutung. Dieser trägt mehrere Stengel, die in ungleichen Entwickelungsphasen sich befinden, und von denen die einen mit Knospen, die andern mit Rosetten an der Basis versehen sind. Man findet daher immer, die Vegetationsperiode mag früher oder später abschliessen, beide Innovationsformen beisammen.

Ein eigenthümliches Verhalten zeigen die ausläufertreibenden Arten. Die Bildung der Stolonen beginnt sehr frühzeitig, nämlich schon mit oder selbst vor der Anlegung der Blüthenschäfte und verläuft sehr rasch, während mit der Bildung der an ihrem Ende befindlichen Rosette ein Stillstand eintritt. Daher überwintern diese Arten meist mit Stolonen (gestielten Rosetten), seltener mit sitzenden (noch in der Blattachsel befindlichen) Knospen.

Nachdem ich die verschiedenen Innovationsformen sammt deren Beziehungen zu den Organisationsverhältnissen und den äussern Einflüssen im Allgemeinen dargelegt habe, will ich das Verhalten bestimmter Hieracien-Arten betrachten

und daran dann einige Bemerkungen über die systematische Anwendung der Innovationsmerkmale knüpfen.

Ich beginne mit den Accipitrinen und nenne unter den beobachteten Species folgende: H. umbellatum Lin., H. latifolium Spreng., H. rigidum Hartm., H. brevifolium Tausch, H. eriophornm prostratum DC., H. boreale Fr., H. sabaudum Lin., H. robustum Fr., H. foliosum W. Kit., H. crocatum Fr., H. auratum Fr., H. hirsutum Tausch, H. elatum Fr., H. strictum Fr., H. prenanthoides Vill., H. lycopifolium Froel., H. tridentatum Fr., H. norvegicum Fr., H. gothicum Fr.

Die genannten Arten verhalten sich alle im wesentlichen gleich. Die überwinternden Knospen entwickeln sich zu einem reichbeblätterten Stengel. Die Laubblätter sind alle mehr oder weniger von einander entfernt, und bilden keine Rosette. Ausnahmsweise können sie höher oder tiefer am Stengel zusammengedrängt sein. Die untern Blätter sterben frühzeitig ab, so dass der Stengel unten nackt wird. Die Blüthezeit tritt spät und nur einmal ein; bloss abgeschnittene Pflanzen können zum zweiten Mal blühen. Die Axillarknospen am untern und mittlern Theil des Stengels bleiben unentwickelt. Dagegen werden im Nachsommer am Grunde des Stengels und fast immer unter der Erdoberfläche einige geschlossene Knospen von fester Consistenz und weisser Farbe angelegt. Dieselben sind verschieden an Grösse und Gestalt, bald sehr gross, bald mittelgross, bald rundlich-oval, bald länglich oder lanzettlich.

Wenn man mehrere Arten, die sich auf dem nämlichen Standorte beisammen finden, zur nämlichen Zeit untersucht, so giebt die Beschaffenheit der Knospen zuweilen constante Differenzen. Für solche vergleichende Untersuchungen eignet sich besonders der Garten. Doch muss man hiebei mit grosser Vorsicht verfahren, weil die Knospen schon im

Herbste anfangen auszuwachsen, und dabei grösser und länger werden.

In der zweiten Hälfte des Oktober 1864, als ich zum ersten Mal Beobachtungen über die Innovation aller im hiesigen botanischen Garten cultivirter Hieracien anstellte, hatten die meisten der oben genannten Arten ganz geschlossene Knospen, indem die Schuppen genau anlagen. Bei einigen jedoch waren sie nur halb geschlossen, indem die obern Schuppen etwas abstanden. Ich bin jetzt überzeugt, dass darin kein anderer Unterschied liegt, als der, dass bei den einen Arten die vollkommen geschlossenen Knospen sich früher zu entwickeln beginnen als bei andern.

Die Accipitrinen überwintern aber nicht bloss mit unterirdischen Knospen. Die letztern können nämlich schon im Herbste mehr oder weniger auswachsen und eine über der Erdoberfläche befindliche grüne Blattrosette bilden. Es hängt diess von der Witterung des Herbstes und von der Lage der Knospen ab, indem anhaltende Wärme und geringe Entfernung von der Erdoberfläche die vorzeitige Entfaltung begünstigen. Ueberdem kommt aber auch die Natur der Pflanze in Betracht.

Was zuerst die Lage der Knospen betrifft, so können wir als Regel festhalten, dass an dem nämlichen Pflanzenstocke eine Knospe um so eher auswächst, je höher sie inserirt ist. Wir finden daher am gleichen Stengel die Knospen in verschiedenen Entwickelungsstadien. Die oberste hat sich z. B. in eine grössere grüne Rosette, die zweitoberste in eine kleinere blassgrüne Rosette entfaltet. Die dritte fängt an auszuwachsen und ist noch weisslich; die vierte sammt den folgenden ist geschlossen und weiss. Da nun bei den verschiedenen Pflanzen der gleichen Art die Knospen ungleich hoch an dem Wurzelstocke inserirt sind, so tritt auch die Rosettenbildung ungleichzeitig ein. Im gleichen Satze sind oft die einen Stengel im Herbste mit

grünen Blätterbüscheln versehen, die andern nicht. Es ist überflüssig, bestimmte Species aufzuführen; da ich an allen obgenannten Arten einzelne überwinternde Rosetten beobachtet habe.

Der Einfluss der äussern Verhältnisse besonders der Temperatur giebt sich deutlich zu erkennen, wenn man die gleiche Pflanze in verschieden exponirten Lagen oder in verschiedenen Jahren beobachtet. Sätze der nämlichen Art, die im Münchner Garten an sonnigen, warmen, trockenen Stellen sich befinden, überwintern zuweilen mit Rosetten, während solche, die in schattigen und kalten Lagen wachsen, bloss Knospen besitzen. — Ich untersuchte die Innovation aller unserer Hieracien in der zweiten Hälfte des Oktobers im Jahre 1864 und 1866, und war erstaunt über die Wirkung des warmen und trockenen Herbstes im letztern Jahr. Die nämlichen Pflanzen der Accipitrinen, welche im Herbste 1864 bloss Knospen besassen, zeigten jetzt mehrere Rosetten, und diejenigen, welche damals einige Rosetten hatten, waren jetzt mit zahlreichen Blätterbüscheln versehen.

Auch die spezifische Natur kommt bei der vorzeitigen Entfaltung der Knospen zu Rosetten in Betracht. Die einen Species sind dazu vielmehr geneigt als die andern. Im Allgemeinen lässt sich festhalten, dass die Pflanzen um so später ihre unterirdischen Knospen entfalten, je strenger sie aphyllopod sind, je höher am Stengel hinauf die Blätter absterben. Bei Arten, welche noch im Herbste vegetirende Laubblätter an der Basis des Stengels haben, findet man auch besonders häufig überwinternde Rosetten.

Zu den letztern gehört H. prenanthoides Vill., welches übrigens in verschiedenen, mehr oder weniger aphyllopoden Varietäten vorkommt. Bei einer weniger aphyllopoden Varietät fand ich Ende August und Anfang September des Jahres 1864 im Oberengadin (bei 5300 bis 6300 Par. Fuss ü. M.) nicht selten Rosetten neben den ge-

schlossenen Knospen, während eine Varietät mit strengerer Aphyllopodie gegen Ende Oktober im Münchner Garten noch ohne Blätterbüschel war.

Zu den Arten, welche häufiger als die andern Accipitrinen mit Rosetten überwintern, gehören auch H. tridentatum Fr. und H. gothicum Fr. Bei diesen beiden Species scheint es gleichfalls verschiedene Formen zu geben, welche sich ungleich verhalten. Bei H. tridentatum, welches in der Umgebung Münchens wächst, fand ich Ende Oktober 1864 bloss geschlossene unterirdische Knospen. Im Val Bevers des Oberengadins (bei 5400′) zeigten sich an derselben Art gegen Ende August des nämlichen Jahres neben geschlossenen Knospen viele auswachsende Knospen und einzelne kleine Rosetten. Bei Bergün im Canton Graubündten (bei 3600′) hatten die Pflanzen schon am 12. Aug. hin und wieder schöne grüne Blätterbüschel. Ebenso zeigten mehrere Sätze von H. tridentatum im Münchener Garten ungleiche Innovationserscheinungen, indem die einen gegen Ende Oktober des Jahres 1864 ohne Rosetten, die andern mit ziemlich vielen schönen Rosetten versehen waren.

Ein ähnliches Verhalten zeigen auch H. albidum Vill., H. cydoniaefolium Vill. und H. picroides Vill. Sie besitzen unterirdische Knospen, die aber häufig im Herbste noch in kleine Rosetten auswachsen; wenigstens wird letzteres im Garten beobachtet. Gegen Ende Oktober 1866 hatte H. albidum am Grunde der Stengel kleinere oder grössere Rosetten, ausserdem auswachsende Knospen und ziemlich kleine geschlossene Knospen. Von H. cydoniaefolium und H. picroides finden sich 12 Sätze in unserm Garten, die aus verschiedenen Gegenden der Schweizer- und Tyroler-Alpen stammen und aus Samen erzogen wurden. Diejenigen, die im Frühjahre 1866 ausgesäet worden waren und im Spätsommer geblüht hatten, besassen gegen Ende Oktober meistens bloss unterirdische geschlossene Knospen;

nur einzelne kleine Rosetten wurden hie und da sichtbar. Von denjenigen Sätzen dagegen, welche vom Jahre 1865 herstammten, hatten einzelne ebenfalls bloss spärliche Rosetten; die Mehrzahl dagegen war damit in grösserer Menge versehen. Die Rosetten waren aber durchgehends klein und sie mangelten immer vielen Stengeln eines Satzes.

Ganz ähnlich wie die letztgenannten Arten der Accipitrinen (nämlich wie H. tridentatum, H. prenanthoides und H. picroides) verhalten sich ferner einige Formen, die in den botanischen Gärten meist als H. saxatile, zuweilen auch als H. coronopifolium gehen, und die von dem ächten H. glaucum All. und H. saxetanum Fr. durch aphyllopode Stengel abweichen, während die übrigen Merkmale ziemlich übereinstimmen [1]). Sie haben unterirdische, geschlossene Knospen. Dieselben sind von ansehnlicher Grösse, ziemlich lang und dünn. Manche derselben können im Herbste noch in kleine Rosetten auswachsen. Doch hängt diess, wie bei den Accipitrinen, wesentlich von der Witterung ab. Der nämliche Satz, welcher in der Mitte des Oktober 1864 bloss geschlossene oder fast geschlossene Knospen besass, hatte zu gleicher Zeit im Jahre 1866 ziemlich viele kleine Rosetten, wobei sich die einzelnen Stengel sehr verschieden verhielten. Einige hatten weder Knospen noch Rosetten, andere bloss geschlossene Knospen, noch andere geschlossene und auswachsende Knospen; viele endlich hatten neben den geschlossenen und auswachsenden Knospen noch Rosetten. Die Rosetten lagen durchschnittlich etwas, doch nur wenig, höher als die Knospen. — Andere Sätze zeigten weder 1864 noch 1866 Blätterbüschel.

1) Eine hieher gehörige Form wurde in den Hieracia europaea exsiccata von E. Fries und Fr. Lagger als H. calcareum Bernh. ausgegeben.

Diese Formen von „H. saxatile“ sind nicht die einzigen unter den Aurellen und Pulmonareen von Fries, die mit geschlossenen Knospen überwintern, oder denen während des Winters die Rosetten mangeln. Wir treffen diese Erscheinung noch bei verschiedenen andern Arten, bald als Regel, bald mehr als Ausnahme. Es giebt auch Arten, welche einen Mittelzustand zwischen der Innovation durch geschlossene Knospen und derjenigen durch Rosetten zeigen, so dass man im Zweifel ist, welchem der beiden Typen sie näher stehen.

Unter den Pulmonareen, welche mit Knospen überwintern, nenne ich eine Form von H. vulgatum, welche unter diesem sowie auch unter andern Namen in den botanischen Gärten sich befindet, und welche von dem ächten H. vulgatum bloss durch die hypophyllopoden Stengel verschieden ist, indem nämlich die Wurzelblätter während der Blüthezeit absterben. Von den ziemlich grossen geschlossenen Knospen wachsen manche schon im Herbste zu kleinen Rosetten aus. Doch sah ich im Winter 1864/65 einen ganzen Satz bloss mit geschlossenen Knospen und gänzlich ohne Blätterbüschel.

Ferner erwähne ich noch H. Sendtneri Näg. (H. ramosum Auct., non W. K.; H. argutidens Fr. var. monacense), welches sicher mit H. vulgatum nahe verwandt ist[2]). Dasselbe hatte Ende Oktober 1864 auf seinem natürlichen Standorte geschlossene Knospen. Nur wenige Stöcke waren mit einer kleinen Rosette versehen. Zwei Sätze im Münchner Garten, die von der nämlichen Lokalität herstammen, zeigten Ende Oktober 1866 folgendes Verhalten. Am Grunde vieler Stengel befanden sich bloss kleine ge-

2) Neben diese Art wird es auch von Fries gestellt in den Hieracia europaea exsiccata.

schlossene Knospen. Bei anderen waren über den kleinen geschlossenen Knospen zwei bis vier grössere, entweder noch ganz geschlossen oder schon im Auswachsen begriffen. Bei einigen hatte auch die oberste sich in eine kleinere oder grössere Rosette verwandelt. Fig. 14 zeigt eine Pflanze, welche bloss geschlossene Knospen, grössere (g) und kleinere (h) besitzt.

Ein gleiches Verhalten zeigt unter den Aurellen eine Form von H. bupleuroides. Mitte Oktober 1864 hatte dieselbe in unserm Garten keine Rosetten, wohl aber grosse unterirdische geschlossene Knospen und daneben solche, die im Auswachsen begriffen waren. Mitte Oktober 1866 fand ich 1) Stengel ohne Knospen und Rosetten, 2) solche bloss mit geschlossenen Knospen, 3) solche mit geschlossenen und mit auswachsenden Knospen, und endlich 4) Stengel mit geschlossenen, mit auswachsenden Knospen und mit kleinen Rosetten.

Hier schliesst sich auch eine Form von H. speciosum an, die in den Gärten kultivirt wird. Sie ist ziemlich aphyllopod und hat ansehnliche geschlossene unterirdische Knospen, von denen aber die obersten meistens noch im Herbste in kleine Blätterbüschel auswachsen.

Unter den Aurellen, deren Innovation ebenso sehr den Typus der Rosetten als den der geschlossenen Knospen trägt, nenne ich H. compositum Lap. Dasselbe zeigte Ende Oktober 1866 schöne grosse geschlossene Knospen, wie sie bei den Accipitrinen vorkommen, aber auch schöne grosse Rosetten, wie sie sonst nur bei manchen Pulmonareen beobachtet werden. An manchen Stengeln waren beide beisammen, und zwar, wie immer, die Knospen unterhalb der Blätterbüschel.

Auch H. hispidum Fr. kann als eine Art bezeichnet werden, deren Innovation genau die Mitte hält. In unserm Garten befinden sich davon 11 Sätze, die aus Samen von

verschiedenen Lokalitäten der Schweizer- und Tyroler-Alpen aufgegangen sind. Sie haben theils geschlossene Knospen, theils grössere und kleinere Rosetten. Die verschiedenen Sätze und die einzelnen Pflanzen des gleichen Satzes verhalten sich ziemlich ungleich. Es giebt Sätze, die Ende Oktober 1866 sehr zahlreiche, andere die nur wenige Blätterbüschel zeigten; ebenso Pflanzen, die bloss geschlossene Knospen, andere, die fast nur Rosetten besassen.

Die gleichen Beobachtungen wie bei H. hispidum lassen sich bei H. juranum Fr. und bei einigen andern Arten machen, die auch in ihren übrigen Eigenschaften zwischen ausgesprochenen Aurellen oder Pulmonareen und ausgesprochenen Accipitrinen in der Mitte stehen.

Bei der Mehrzahl der Aurellen und Pulmonareen wiegt die Innovation durch Rosetten entschieden vor. Die geschlossenen Knospen mangeln zwar nicht, aber sie sind kleiner und in geringerer Zahl vorhanden. Die Blätterbüschel sind grösser und mangeln viel seltener. Ich nenne unter den Arten, die ich nicht bloss auf den natürlichen Standorten, sondern auch im kultivirten Zustande, oder auch ausschliesslich im letztern beobachtete: H. alpinum Lin., H. ligusticum Fr., H. pulmonarioides Vill., H. amplexicaule Lin., H. mixtum Froel., H. longifolium Schleich., H. cerinthoides Lin., H. incisum Hoppe., H. villosum Lin., H. glaucum All., H. tomentosum Ger., H. andryaloides Vill., H. pictum Schl., H. humile Jacq., H. lacerum Reut., H. pallidum Biv., H. oxydon Fr., H. murorum Lin., H. subcaesium Fr., H. atratum Fr., H. vulgatum Fr., H. canescens Schl., H. anfractum Fr.

Doch zeigt sich unter den aufgezählten Arten eine ziemliche Verschiedenheit, indem die einen sich noch mehr oder weniger dem Typus der Innovation durch Knospen zuneigen, was bald als normale bald als exceptionelle Er-

scheinung aufzufassen ist. So fand ich im Herbste 1866 bei H. tomentosum Ger. die einen Stengel mit kleinen Rosetten, die andern bloss mit Knospen. Die Art überwintert sonst normal mit Blätterbüscheln. Ob bei unserer Pflanze das ungewöhnliche Klima oder der Umstand, dass sie ein einjähriger Sämling war, als die Ursache der ungewöhnlichen Erscheinung zu betrachten ist, kann ich noch nicht entscheiden.

Ich will noch einzelne spezielle Beispiele anführen, um das manigfaltige Verhalten der Arten zu zeigen, denen die Systematiker schlechthin eine Innovatio per rosulas zu geschrieben haben.

In der ersten Hälfte des September 1864 untersuchte ich im Oberengadin (5300—6000′ ü. M.) und im Aversthal (6000′) eine Menge Exemplare von H. villosum. Ich konnte nicht eine einzige Rosette finden, obgleich bei vielen Pflanzen Stengel und Blätter vollkommen vertrocknet und abgestorben waren. Es befanden sich am Grunde der Stengel bloss Knospen von geringer Grösse und ziemlich weich, der Mehrzahl nach mit vollkommen anliegenden Schuppen. Ganz ähnliche, nur etwas festere Knospen zeigte eine Form von H. prenanthoides, welche auf den nämlichen Standorten wuchs; letztere hatte aber ausser den Knospen auch einzelne kleine Rosetten.

Dass die Knospen von H. villosum nicht etwa noch im nämlichen Herbste zu Blätterbüscheln sich entwickelten, sondern wirklich überwinterten, ist aus innern und äussern Gründen vollkommen sicher. Denn einerseits beweisen die abgestorbenen trockenen Stengel, dass die Pflanzen eingezogen hatten. Anderseits war in jenen hochgelegenen Gegenden der Winter vor der Thüre. In der That fiel schon den 12. September, am Tage, nachdem ich die letzten Beobachtungen im Avers gemacht hatte, ein 1½ Fuss tiefer

Schnee, welcher die Wege ungangbar machte und mich zwei Tage in dem Alpenthale gefangen hielt.

Dagegen fand ich 1866 ebenfalls in der ersten Hälfte des September im obern Wallis und in den angrenzenden Thälern von Piemont bei H. villosum neben den Knospen fast immer auch einzelne kleine Blätterbüschel.

Im Münchner Garten hatte H. villosum Ende Oktober 1864 viele unterirdische geschlossene Knospen, klein, weiss und von geringer Festigkeit. Andere waren im Auswachsen begriffen, verlängert und schmächtig. Nur wenige hatten 1 oder 2 kleine grünliche Blätter entfaltet. — Ende Oktober 1866 war ein anderer Satz der gleichen Art mit zahlreichen kleinen Rosetten versehen.

H. cerinthoides Lin., welches sich in vielen Sätzen in unserm Garten befindet (es wurde unter verschiedenen Namen aus andern Gärten bezogen), bot Ende Oktober 1864 übereinstimmend folgendes Verhalten dar. Am Grunde der trockenen und abgestorbenen Stengel befanden sich 1—3 grössere Rosetten und unterhalb derselben ziemlich kleine aber schöne geschlossene Knospen in der Zahl von 2—6. Die letztern nahmen von unten nach oben an Grösse zu. Zwischen ihnen und den Rosetten wurde der Uebergang oft durch eine auswachsende Knospe in den verschiedensten Stadien vermittelt. Von den Rosetten selbst, die theils unbewurzelt theils bewurzelt waren, zeichnete sich gewöhnlick die oberste durch stärkere Ausbildung aus.

Die Stengel dagegen, welche vor Kurzem erst geblüht hatten nnd sammt den Blättern noch grün waren, wichen insofern ab, als sie noch keine ausgebildeten Rosetten hatten. Die einen zeigten an ihrem Grunde bloss kleine geschlossene Knospen. Die andern hatten über den geschlossenen auch auswachsende Knospen. Nur bei wenigen war die oberste Knospe so weit ausgewachsen, dass 2—3 sehr kleine grünliche Blätter den Anfang einer Rosette darstellten. Also

auch bei dieser Art giebt es Pflanzen, welche mit, und solche, welche ohne Blätterbüschel überwintern.

Ich will hier noch einer Erscheinung erwähnen, die zwar auch bei andern Arten der Aurellen und Pulmonareen beobachtet, aber doch besonders schön bei H. cerinthoides gesehen wurde. Es sind diess Rosetten, die allein am Ende eines ziemlich kurzen, (etwa zoll-langen) unterirdischen Stengels stehen. Sie erinnern an eine Innovationsform, die vorzugsweise bei einigen Piloselloiden (besonders H. cymosum Lin.) auftritt. Diese Triebe sind aus den untersten und kleinsten Knospen des Rhizoms hervorgegangen. Sie bedurften wegen ihres langsamen Wachsthums einer ganzen Vegetationsperiode um einen Blätterbüschel zu bilden, und werden im nächsten Jahre zur Blüthe gelangen. Einige scheinen auch zwei Jahre alt zu sein, so dass sie zur vollständigen Ausbildung drei Vegetationsperioden nöthig haben.

Dieses letztere Verhalten kommt bei hochalpinen Arten, namentlich bei H. glanduliferum Hoppe normal vor. Ich untersuchte die Innovation dieser Art in der ersten Hälfte des September 1864 im Oberengadin (6000—8000′ ü. M.). Von allen Pflanzen hatte in diesem Jahre kaum mehr als der dritte Theil geblüht. In den Blattachseln dieser abgeblühten Gewächse befanden sich 1 oder 2 kleine Blätterbüschel und unterhalb der Blätter am Rhizom einzelne kleine geschlossene Knospen. Die Exemplare, die dieses Jahr nicht zur Blüthe gelangt waren, bestanden bloss aus einer Blattrosette, welche in der Regel keine seitlichen Blätterbüschel gebildet hatte. Dagegen mangelten auch hier die kleinen geschlossenen Knospen nicht; sie befanden sich aber in den Achseln der grünen Blätter, wo bei den blühenden Pflanzen sich die überwinternden Blätterbüschel entwickelt hatten.

H. glanduliferum vollendet also den ganzen Entwickelungscyclus des blühenden Triebes in 3 Jahren. Im

ersten Jahre wird eine geschlossene Knospe, im zweiten Jahre eine Blattrosette und im dritten Jahre der blühende Schaft gebildet. Dem entsprechend überwintert der Spross das erste Mal als Knospe, das zweite Mal als Rosette. Ausnahmsweise kann die Entwickelung in zwei Jahren sich vollenden, wenn nämlich in den Blattachseln der blühenden Pflanze sich statt der Knospen einmal ein Blätterbüschel bildet. Viel häufiger kommt es vor, dass ein Spross nicht schon im dritten, sondern erst im vierten Jahre zur Blüthenbildung gelangt; — indem er zwei Jahre im Knospenzustande oder zwei Jahre im Rosettenzustande verharrt.

Die kleinen geschlossenen Knospen, welche am Rhizom unterhalb der Laubblätter sich befinden, sind Axillarknospen früherer Jahre. Dieselben können ohne Zweifel ebenfalls zur Entwickelung gelangen. Sie werden aber jedenfalls langsamer wachsen und daher erst im fünften, sechsten, siebenten Jahre (nach ihrer ersten Anlage) zur Blüthe kommen, nachdem sie mehrmals als Knospen und ein oder mehrmals als Rosetten überwintert haben.

Ich habe bereits oben einer Form von H. vulgatum erwähnt, welche, wie die Accipitrinen, mit grossen geschlossenen unterirdischen Knospen den Winter überdauert. Gewöhnlich verhält sich die Innovation dieser Art anders. So zeigten Ende Oktober 1864 mehrere Sätze im Münchner Garten am Grunde jedes Stengels 1, 2 und 3 Rosetten und meistens unterhalb derselben einige geschlossene Knospen. Letztere waren häufig sehr klein; zuweilen jedoch hatte die eine und andere eine ziemliche Grösse und glich vollkommen denjenigen mancher ächter Accipitrinen (namentlich H. tridentatum und H. prenanthoides). Ein Satz besass ausser den ziemlich kleinen geschlossenen Knospen bloss ganz kleine Blätterbüschel. In jedem Satz gab es ferner einzelne Pflanzen ohne Rosetten. Ende Oktober 1866 machte ich im Wesentlichen dieselben Beobachtungen.

H. vulgatum kann, wie H. murorum und die meisten Pulmonareen, in einem Sommer mehrere Stengel treiben, d. h. es können die am Grunde eines Stengels befindlichen Knospen, welche bei den Accipitrinen erst im folgenden Jahre sich entwickeln, schon in der nämlichen Vegetationsperiode zur Blüthe und Frucht gelangen. Es kann sich dieser Process selbst noch einmal wiederholen und auch die dritte Sprossgeneration blühen. Davon nun, ob eine Pflanze eine oder mehrere Sprossgenerationen entwickelt habe, hängt es, wie ich schon eingangs auseinander setzte, oft ab, ob ein Pflanzenstock von H. vulgatum, H. murorum und andern Arten mit Knospen oder mit Blätterbüscheln überwintere.

Ende Oktober 1864 machte ich an kultivirten und an wildwachsenden Pflanzen von H. vulgatum mehrfach die Beobachtung, dass nur dann ausschliesslich Knospen vorhanden waren, wenn eine zweite und dritte Generation von Stengeln geblüht, dagegen Rosetten und Knospen, wenn bloss die erste Sprossgeneration sich entwickelt hatte. — Die Figuren 10, 11, 12 geben halbschematische Darstellungen von diesen Verhältnissen. I.—I. ist der Spross der ersten Ordnung, II.—II. und III. der zweiten und dritten Ordnung. Die schraffirten Stengel sind abgestorben. 10 und 11 haben nur Knospen (g). 12 hat über den geschlossenen Knospen (g) eine auswachsende Knospe (s) und eine Rosette (r).

Auf einem Standorte (im Kapuzinerholz bei München) fand ich keine Rosetten an H. vulgatum. Die einen Pflanzen aber hatten bloss geschlossene Knospen, bei den andern waren die untern Knospen geschlossen und von weisser Farbe, die obern dagegen im Auswachsen begriffen, bis 15 Millim. lang und an der Spitze grünlich. Jenes waren Stöcke, die mit zwei oder drei Sprossgenerationen

geblüht hatten, dieses solche, die nur mit einer Generation zur Blüthe gelangt waren.

Eine eben so grosse oder noch grössere Verschiedenheit der Innovation trifft man bei H. murorum Lin. und den manigfachen Formen dieser veränderlichen Art. Doch bemerke ich sogleich, dass die verschiedenen Innovationen nicht etwa die verschiedenen Varietäten charakterisiren, sondern dass sie bei der nämlichen Varietät gefunden werden. Meistens beobachtet man im Herbste einige Rosetten am Grunde des Stengels und unterhalb derselben einige weiche ungeschlossene Knospen. Nicht selten kommen noch tiefer am Rhizom auch kleine feste geschlossene Knospen vor.

Es giebt Formen von H. murorum, welche mit ihrer Innovation einige Annäherung an mehrere Accipitrinen (H. prenanthoides, H. tridentatum) zeigen, indem bei ihnen die geschlossenen Knospen eine für die Species ungewöhnliche Grösse haben. Ende Oktober 1864 beobachtete ich am Grunde der Stengel einer solchen im Garten kultivirten Form, ausser 1—2 Rosetten, schöne geschlossene Knospen und alle Uebergänge zwischen diesen und jenen. Bei manchen Stengeln waren nur die Knospen vorhanden, indem an der Stelle der Rosetten sich blühende Triebe befanden. Die Figuren 3—6 stellen einige der beobachteten Fälle halbschematisch dar. Die Sprosse der ersten Generation (I.) wurden im Jahre vorher, die Sprossgenerationen II., III. und IV. in diesem Jahre angelegt. Die schraffirten Stengel sind vertrocknet. Fig. 4 und 5 unterscheiden sich nur dadurch von einander, dass die Rosette r von Fig. 4 sich in Fig. 5 schon zu einem blühenden Stengel (III) entwickelt hat, so dass die erstere Pflanze mit einer Rosette und mit Knospen, die letztere bloss mit Knospen überwintert.

Eine andere Form von H. murorum, welche unter

dem Namen H. Verloti Jord. erhalten worden war, besass Ende Oktober 1864 gar keine Rosetten, sondern bloss kleine feste geschlossene Knospen unter der Erde, und oberhalb derselben einige weiche ungeschlossene Knospen, die wegen ihrer hohen Lage offenbar sämmtlich bestimmt waren abzusterben und z. Th. auch wirklich schon vertrocknet waren. Fig. 7 giebt eine halbschematische Abbildung einer solchen Pflanze; g′ sind die verwelkten Knospen. — Im Herbste des Jahres 1866 hatte der gleiche Satz eine Menge von Rosetten.

Mitte Oktober 1864 blühte H. murorum an einem feuchten waldigen Abhange des Starnbergersees in grosser Menge; viele Pflanzen waren erst im Aufblühen begriffen. An allen diesen Gewächsen mangelten die Rosetten vollständig. Die Knospen in den Achseln der obern Laubblätter waren meist so klein (2—3 Millim.), dass man sie erst nach Entfernung der Blätter bemerkte; nur wenige erreichten eine Länge von 5—10 Millim. Diese Knospen waren weich und zusammengedrückt. Auf dem ziemlich grossen Standorte fand ich nur wenige Pflanzen mit vertrockneten Stengeln; und bloss diese hatten Rosetten, die aber sämmtlich sehr klein waren.

Ich beschränke mich auf die erwähnten drei Beispiele. Sie zeigen, dass H. murorum, statt mit Blätterbüscheln, zuweilen bloss mit ziemlich grossen geschlossenen Knospen, oder mit kleinen geschlossenen festen Knospen, oder mit mehr und weniger geschlossenen weichen Knospen überwintert. Es ist überflüssig, andere Beobachtungen aufzuzählen, welche ähnliche Resultate gegeben haben. Bloss möge hier noch die Bemerkung folgen, dass man zuweilen an dem Rhizom von H. murorum höher oder tiefer eine einzelne ziemlich grosse geschlossene Knospe findet; sie kommt nicht bloss bei Pflanzen vor, welche unter den Rosetten oder statt derselben ziemlich grosse geschlossene

Knospen besitzen, sondern auch bei solchen, welche bei Abwesenheit der Blätterbüschel mit kleinen Knospen überwintern. Fig. 13 zeigt uns den erstern Fall. Es ist der Wurzelstock einer im Geröll gewachsenen Pflanze zu Ende des Oktober. Am Grunde des ganz entblätterten Stengels sieht man eine winzige Rosette mit einem einzigen kleinen grünlichen Blatt (r), eine auswachsende Knospe (s) und drei ziemlich grosse geschlossene Knospen (g). Eine andere grosse und schöne geschlossene Knospe (h) befindet sich ziemlich tiefer an dem mit I. bezeichneten Trieb.

Mehr noch als das ächte H. murorum ist H. subcaesium Fr. geneigt, mit Knospen zu überwintern. Beide Formen wachsen unweit Münchens an trockenen Abhängen beisammen. Ende Oktober 1864 waren alle Stengel von H. subcaesium trocken und auch die Blätter grösstentheils abgestorben. Eigentliche Rosetten fand ich keine. Die meisten Pflanzen hatten kleine geschlossene Knospen; die oberste derselben war bisweilen ziemlich grösser, aber doch noch vollkommen geschlossen. Bei der kleinern Zahl der Stöcke war die oberste Knospe im Auswachsen begriffen, hatte auch wohl ein einziges, kleines, grünliches Blatt entwickelt.

Ich schliesse die spezielle Aufzählung von Arten der Sectionen Aurella und Pulmonarea mit einer Pflanze, die zwischen der soeben genannten Species und H. glaucum in der Mitte steht und mit beiden auf dem nämlichen Standorte bei München vorkommt. H. canescens Schleich. hatte Ende Oktober 1864 auf seiner natürlichen Lokalität an den einen Stöcken Rosetten und unterhalb derselben einige kleine geschlossene Knospen, an den andern Stöcken bloss geschlossene ziemlich kleine Knospen. Ende Oktober 1866 verhielt sich ein Satz im botanischen Garten in München ebenso, nur waren die rosettentragenden Stengel verhältnissmässig

viel zahlreicher. Es vereinigt also auch diese Pflanze die zwei Innovationen, und stimmt darin mit den beiden Arten überein, zwischen denen sie die Mitte hält.

---

31. Ueber die Innovation bei den Hieracien und ihre systematische Bedeutung. (II. Th.)

(Vorgetragen den 15. Dezember 1866.)

In der letzten Mittheilung habe ich die Beziehungen der verschiedenen Innovationsformen zu den Organisationsverhältnissen und zu den äussern Einflüssen im Allgemeinen erörtert und darauf das Verhalten verschiedener Arten von Archieracien (Accipitrinen, Pulmonareen und Aurellen) im Einzelnen dargelegt. Ich werde zunächst noch die Innovation bei einzelnen Formen der Gruppe der Piloselloiden untersuchen und dann auf die Frage der systematischen Bedeutung eintreten.

Die Piloselloiden überwintern in ihrer grossen Mehrzahl mit Rosetten, die entweder sitzend sind oder am Ende eines Ausläufers sich befinden. Sitzende Rosetten, zuweilen gleichzeitig mit kleinen geschlossenen Knospen, kommen unter anderem bei H. florentinum All., bei Formen von H. praealtum Vill., bei H. glaciale Lach., bei H. alpicola Schleich etc. vor. Ich will das Verhalten von H. praealtum Var. obscurum etwas näher betrachten.

Diese Form wächst häufig auf kiesigen Localitäten bei München. Gewöhnlich gelangt während einer Vegetationsperiode nur eine Sprossgeneration zur Blüthe. Ende October 1864 waren die Stengel ganz abgestorben. Bei den schmächtigern Pflanzen, welche die Mehrzahl ausmachten, befand sich am Grunde jedes Stengels eine sitzende bewurzelte Rosette. Fig. 9 stellt den Wurzelstock einer solchen Pflanze dar. I—I ist der Trieb, welcher im Jahr vorher, II—II derjenige, welcher in diesem Jahr geblüht hatte. I trägt eine geschlossene Knospe (g).

An etwas stärkern Exemplaren befand sich ausser der entwickelten Rosette noch eine zweite schwächere, etwa um ²/₅ des Umfanges von jener entfernt. Dieselbe hatte keine Wurzeln und meist nur ein einziges kleines grünes Blatt. Statt dieser schwächern Rosette war häufig eine Knospe vorhanden, welche im Auswachsen begriffen oder auch ganz geschlossen war. Fig. 8 zeigt ein Rhizom mit zwei Rosetten (r, s). Nur üppige Exemplare hatten zwei, wohl auch drei grosse bewurzelte Blätterbüschel am Grunde eines Stengels.

Hin und wieder zeigte eine Pflanze zwei trockene Stengel, welche beide aus vorjährigen Rosetten oder Knospen hervorgegangen waren und rücksichtlich der Innovation sich wie einzelstehende Stengel verhielten. — Seltener fanden sich zwei bis vier trockene Stengel beisammen, von denen der eine (primäre) aus einer vorjährigen Rosette, die anderen (secundären) als seitliche Triebe aus der Basis des erstern entsprungen waren. Jeder dieser letztern hatte an der Basis eine Rosette.

An allen Wurzelstöcken von H. praealtum kamen ausser den erwähnten Innovationsgebilden noch einzelne kleine geschlossene Knospen vor. Dieselben konnten sowohl an dem Spross der letzten als einer frühern Ordnung, also höher oder tiefer an dem Rhizom angeheftet sein (Fig. 8 und 9, g).

Bei andern Formen von H. praealtum kommen ausser den sitzenden Rosetten zugleich auch niederliegende dünne, nicht mit Wurzeln versehene Ausläufer vor. Dieselben endigen bald steril, bald gehen sie in einen Blüthenstand aus, entwickeln aber nie eine eigentliche Blattrosette.

Die letztere Erscheinung beobachtete ich nur einmal an einem Satze im Münchner Garten, der bisher bloss sitzende Blätterbüschel gebildet hatte. Im Herbste 1866 hatte derselbe unter den sitzenden Rosetten kleine aber schöne geschlossene Knospen. Ueber den Rosetten aber entsprangen

aus den Blattachseln bis auf 3 Zoll vom Boden lange (1—2 Fuss) dünne Ausläufer ohne Wurzeln, aber mit einer bewurzelten Rosette am Ende.

In diesem Satze von H. praealtum beobachtete ich ausnahmsweise auch eine Erscheinung, welche normal bei andern Arten vorkommt, nämlich von der Mutterpflanze entfernte, durch schiefe unterirdische Stolonen, welche tiefer am Wurzelstocke entspringen, getragene Rosetten. Offenbar entspringen diese Stolonen aus den geschlossenen Knospen.

Wenn H. praealtum Ausläufer treibt, so treten dieselben nicht etwa an die Stelle der sitzenden Blätterbüschel, sondern sie finden sich neben denselben, wie ich bereits bemerkte. Soweit meine in dieser Beziehung übrigens dürftigen Beobachtungen reichen, sind es immer die Achselknospen über den sitzenden Rosetten, die in Stolonen auswachsen, somit Knospen, die bei den ausläuferlosen Formen dieser Species gar nicht zur Entwickelung gelangen. Die normale Innovation wird also durch diese Erscheinung nicht beeinträchtigt.

Anders verhält es sich bei einigen Arten, welche gewöhnlich ebenfalls sitzende oder kurzgestielte Rosetten besitzen, wie H. acutifolium Vill. (= H. sphaerocephalum Froel.) und H. glaciale Lach. Wenn dieselben Stolonen bilden, so geschieht es auf Unkosten der sitzenden Rosetten. Der Stiel der letztern verlängert sich in einen Ausläufer. Besonders ist H. acutifolium hiezu geneigt; ich fand es auf fetten Localitäten der Voralpen mit halbfusslangen Stolonen. Von dem Originalstandort Villars' in den Münchner Garten verpflanzt, trieb es Ausläufer von einem Fuss Länge.

Sitzende Rosetten und zugleich solche, die auf unterirdischen Stolonen gestielt sind, kommen ziemlich normal bei H. cymosum Lin. vor. Von zwei Sätzen, die sich im Münchner Garten befinden, zeigte der eine im Herbst 1864 fast lauter sitzende

Rosetten, wie sie H. praealtum und H. florentinum eigenthümlich sind; und im Jahre 1866 machte ich die gleiche Beobachtung. In dem andern dagegen war kaum die Hälfte aller Rosetten ungestielt; die übrigen waren etwas von ihren Mutterpflanzen entfernt und durch schiefe unterirdische Stolonen mit den Wurzelstöcken derselben verbunden. Die Figuren 1 und 2 zeigen eine sitzende und mehrere gestielte Rosetten; s—s ist die Erdoberfläche. Die Stiele erreichen eine Länge von 2—3 Zoll.

Nach den Autoren sollen die kriechenden oder niederliegenden Ausläufer dieser Art ganz mangeln. Ich habe einen einzigen in dem Satze mit den zahlreichen unterirdischen Stolonen gefunden. Derselbe lag dicht auf der Erde, hatte eine Länge von vier Zoll und war z. Th. mit Laubblättern, z. Th. mit weisslichen Niederblättern besetzt. Am Ende hatte er noch keine Rosette gebildet, auch besass er bloss am Grunde einige Wurzeln, so dass ich nicht weiss, ob daraus ein in eine bewurzelte Rosette ausgehender (wie bei H. pratense), oder ein aufsteigender und blühender Ausläufer (wie bei H. praealtum) entstanden wäre.

Wirkliche unterirdische Stolonen habe ich normal nur bei H. cymosum gesehen. Bei einigen andern Arten, wo sie ebenfalls angegeben wurden, konnte ich mit Sicherheit bloss solche finden, welche der Erde dicht anlagen. So hatte H. aurantiacum Lin. weder auf den Bündtner Alpen, wo ich es Mitte und Ende August beobachtete, noch im Münchner Garten eigentlich hypogäische Ausläufer. Auf den Alpen aber waren die der Erde angedrückten Stolonen, weil sie im Rasen versteckt lagen, meistens mit schuppenförmigen bleichen Niederblättern besetzt. Auf dem Gartenbeet dagegen hatte die grosse Mehrzahl derselben grüne Blätter.

H. pratense Tausch verhält sich wie H. aurantiacum. Ebenso H. glomeratum Fröl., nach dem kultivir-

ten Zustande zu schliessen. Bei letzterem, das in mehreren Sätzen in unserm Garten sich findet, sind die Ausläufer der Länge nach bewurzelt und theils mit grünen Laubblättern, theils mit bleichen schuppenförmigen Niederblättern besetzt. Doch scheint es auch einzelne unterirdische Stolonen zu bilden.

Während H. aurantiacum und H. pratense auf den natürlichen Standorten in der Regel beschuppte Ausläufer haben, kommen diese letztern bei andern kriechenden Arten entweder gar nicht oder nur ausnahmsweise vor. Mit grünen Blättern besetzte, am Ende in eine bewurzelte Rosette ausgehende Stolonen haben namentlich H. Pilosella Lin. und H. Auricula Lin. nebst vielen Zwischenformen wie H. flagellare Rchb. (= H. stoloniflorum Auct.), H. auriculaeforme Fr., H. stoloniflorum W. Kit. (= H. versicolor Fr.), H. cernuum Fr., H. floribundum Wimm. etc. Bei allen diesen Arten können die Stolonen verkürzt und die Rosetten selbst sitzend werden. Unterhalb derselben findet man immer kleine unentwickelte Knospen in den Blattachseln, zuweilen auch unterhalb der Blätter einzelne kleine feste geschlossene Knospen.

Die Ausläufer liegen entweder überall dem Boden an und sind dann in ihrer ganzen Länge bewurzelt, oder sie sind gekrümmt wie der Bogen einer Brücke, indem sie zuerst schief aufsteigen und dann sich wieder senken; in diesem Falle ist bloss die Rosette, in die sie endigen, mit Wurzeln versehen.

Verkürzte Ausläufer oder sitzende Rosetten sind bei den genannten Arten die Folge eines magern und trockenen Standortes. Sie kommen häufiger bei H. Auricula und einigen Zwischenformen vor, doch mangeln sie auch H. Pilosella nicht. Auf hochalpinen trockenen magern Waiden findet man H. Auricula zuweilen ausschliesslich und H. Pilosella wenigstens in der grossen Mehrzahl mit sitzenden

oder fast sitzenden Rosetten. Von letzterer Art und zwar von der gewöhnlichen Form derselben (H. P. vulgare) sah ich in den Walliser Alpen neben Exemplaren mit längern (bis 1 Fuss) und kürzern Stolonen auch solche mit vollkommen sitzenden Rosetten.

Pflanzen, an denen sich diese exceptionelle Innovation mehrmals wiederholt hatte, besassen ein Rhizom, welches demjenigen von H. glaciale vollkommen analog war. Fig. 15 giebt eine halbschematische Ansicht desselben. I, II, III, IV sind vier Sprosse successiver Generationen, die zusammen den sympodialen Wurzelstock bilden und die aus einander hervorgegangen sind, in gleicher Weise wie die Rosette r, die im folgenden Jahre blühen wird, am Grunde des blühenden Sprosses IV. entspringt.

Nachdem ich die thatsächlichen Verhältnisse, welche der Neuwuchs bei den verschiedenen Formen der Hieracien zeigt, dargelegt habe, gehe ich zu der Frage über, welche systematische Bedeutung demselben zukomme. Wie ich eingangs der letzten Mittheilung bemerkte, wurde nach dem Vorgange von Hegetschweiler, Koch und E. Fries die Innovation beinahe allgemein als Charakter für die Gruppen benützt, und Fries ist selbst geneigt, ihr den ersten Rang unter den Merkmalen anzuweisen.

Ehe ich die angewendeten Diagnosen mit der Wirklichkeit vergleiche, will ich einige allgemeine Bemerkungen über den Werth der Merkmale und die Form ihrer Anwendung vorausgehen lassen.

Eine morphologische Erscheinung kann entweder dazu dienen, um die Natur und Verwandtschaft einer Pflanzenform zu documentiren, oder sie kann als Differentialcharakter

benutzt werden, um die Form von andern Formen zu unterscheiden. Beides fällt zuweilen zusammen, ist aber durchaus nicht identisch. Zwei Beispiele, eines für den ersten und eines für den zweiten Fall, mögen diess erläutern.

Hieracium Pilosella vulgare, H. Hoppeanum und H. Peleterianum haben einköpfige Schäfte, die sich unmittelbar am Grunde verzweigen. Dadurch giebt sich ihre grössere Verwandtschaft unter einander und ihre geringere Verwandtschaft zu den andern Arten kund. Es ist diess zugleich auch der beste Differenzialcharakter, wodurch sich jene drei Formen von den andern Arten unterscheiden, weil er ohne Ausnahme allen Individuen jener zukommt und allen Individuen dieser mangelt.

H. Auricula hat meistens Ausläufer, zuweilen aber sitzende Rosetten. Letztere sind verkürzte Stolonen, die sich unter günstigen Umständen immer entwickeln. H. acutifolium Vill. (H. sphaerocephalum Auct.) hat meistens sitzende Rosetten, selten Ausläufer; jene sind ebenfalls verkürzte Stolonen und sie verlangen nur hinreichend günstige Bedingungen, um ihre Natur zu offenbaren. H. florentinum All. hat immer sitzende Rosetten, welche nie in Ausläufer sich verlängern können; denn sie entwickeln sich bloss zu aufrechten blühenden Stengeln. Diese Eigenschaften charakterisiren vortrefflich die Natur der drei Arten; sie zeigen eine Uebereinstimmung zwischen H. Auricula und H. acutifolium und eine Verschiedenheit dieser beiden Arten gegenüber von H. florentinum. Aber sie sind weniger gut geeignet, um diagnostisch die Arten zu bestimmen. Denn wenn Jemand H. Auricula auf hochalpinen trockenen, magern Standorten mit sitzenden Rosetten oder sehr kurzen Stolonen, wenn er ferner H. acutifolium auf fetten Localitäten der Voralpen mit zoll- bis halbfusslangen Ausläufern gesammelt hätte, so würde er seine Fünde in den Diagnosen „stolonibus elongatis“ für

die erstere, „stolonibus plerumque nullis“ für die zweite Art schwerlich erkennen.

Wir sehen an diesem zweiten Beispiel, dem sich aus der Hieracien-Welt und aus andern Gattungen noch viele an die Seite stellen liessen, dass potentiale und wirkliche Eigenschaften sich nicht immer decken. In der Regel hat sich zwar die systematisch-beschreibende Botanik bis jetzt fast bloss an die wirklich vorkommenden Merkmale der wildwachsenden Pflanzen gehalten. Es lässt sich diess rechtfertigen, wenn der Systematiker sich auf einen tiefern Standpunkt stellt und sich bloss das Ziel setzt, die Pflanzen so zu beschreiben, dass der Sammler und Herbarienbesitzer sie zu erkennen und bestimmen vermag.

Aber eine systematische Bearbeitung soll nicht bloss ein Katalog für Pflanzensammlungen sein. Sie muss sich auf einen höhern Standpunkt erheben und sich die Aufgabe stellen, die Natur der Pflanzenformen zu erforschen und ihre verwandtschaftlichen Beziehungen unter einander klar zu machen. Diess ist nur durch die Berücksichtigung der potentialen Eigenschaften möglich. Die wirklichen Merkmale der Innovation stellen H. acutifolium und H. florentinum zusammen; die potentialen Merkmale zeigen, dass erstere Art näher mit H. Auricula verwandt ist, und diess wird auch durch andere Thatsachen bewiesen, wie z. B. durch die Zwischenformen, welche H. acutifolium und H. Auricula mit einander verbinden.

Das ist nun nach meiner Ansicht der Vorzug, der in den Hieracienbearbeitungen von Fries liegt, dass er die potentialen Eigenschaften berücksichtigt, dass er die Natur der Pflanzenart zu erfassen sucht, ohne sich durch die wirklichen Merkmale auf Abwege führen zu lassen, dass er weniger verwandte Pflanzenformen trotz scheinbar übereinstimmender Charaktere trennt, und Formen mit grösserer Affinität trotz scheinbar abweichender Merkmale vereinigt.

Dem entsprechend halte ich es, wenigstens von dem höhern Standpunkte der Systematik aus, für unverständig, wenn grundsätzlich nur die wirklichen Eigenschaften berücksichtigt werden, wenn der Systematiker nichts davon wissen will, wie sich seine Arten in der Kultur verhalten, ob sie auf künstlichem Wege Bastarde bilden und wie gross die Bastardirungsverwandtschaft zu den verschiedenen nahestehenden Arten sei (vgl. die Mittheilungen vom 15. Decbr. 1865 und 16. Febr. 1866).

Die potentialen Eigenschaften sind eben so gut vorhanden wie die wirklichen. Sie geben uns an, wie weit der Formenkreis bezüglich einer bestimmten Eigenschaft reicht. So wie eine potentiale Eigenschaft wirklich wird, so wird die wirkliche, an deren Stelle sie getreten ist, potential. Der gewöhnlichen Form von H. acutifolium mit sitzenden Rosetten kommen die Ausläufer in potentia zu; der seltenern Form mit Stolonen sind ebenso die sitzenden Rosetten potential zuzuschreiben, denn sie nimmt dieselben an, sowie sie auf einen magern Standort kommt.

Was sich von den potentialen Möglichkeiten in einer Pflanzenform verwirkliche, hängt von den äussern Verhältnissen ab. Wenn sich der Systematiker auf die wirklichen Eigenschaften beschränkt, so hat er nicht die volle Natur der Pflanzenform, sondern ihre durch die zufälligen äussern Verhältnisse beschränkte Erscheinungsweise.

Das lässt sich an dem nämlichen Beispiele deutlich machen. Der Systematiker, der H. acutifolium nur von hochalpinen Standorten kennt, wird es durch „sitzende Rosetten" oder durch „mangelnde Ausläufer" charakterisiren. Ein anderer, der es nur in der Nähe von Sennhütten der Voralpen beobachtet hat, muss es als „ausläufertreibend" beschreiben. Beide sind in ihren Diagnosen unvollständig und drücken nicht die wahre Natur der Pflanze aus. Die erstere Diagnose wäre nicht weniger unvollständig, wenn

H. acutifolium auf seinen natürlichen Standorten bloss mit sitzenden Rosetten vorkäme und wenn die ausläufertreibende Form nur durch die Kultur in Gärten bekannt geworden wäre. Denn es ist für die Natur der Pflanze doch vollkommen gleichgültig, ob ihr die reichlichere Nahrung von einem natürlichen Standorte oder von dem botanischen Garten geboten wird.

Die Nothwendigkeit, die potentialen Merkmale zu berücksichtigen, kann noch von einer andern Seite dargethan werden. Man fängt an, sich ernstlicher die Frage zu stellen, ob gewisse Pflanzen in einer bestimmten Zeit sich verändert haben oder nicht. Später kann diese Frage vielleicht eine ziemliche Bedeutung erlangen, wenn sich mehr Thatsachen zu ihrer Beantwortung darbieten werden. H. acutifolium ist jetzt, wie die Beschreibungen zeigen, in den Herbarien bloss in der ausläuferlosen Form vertreten. Dass es durch Kultur Stolonen treibt, müssen manche Autoren wohl wissen. Aber als Produkt der Kultur erwähnen sie derselben nicht. Es wäre möglich, dass auf den höhern Alpen durch Ueberhandnehmen concurrirender Gewächse oder durch irgend einen andern schädlichen Einfluss H. acutifolium ausstürbe, dass es nur auf den niedern Voralpen übrigbliebe und daselbst vielleicht sogar zunähme. Man würde dann in einer künftigen Zeit die Pflanze nur ausläufertreibend kennen. Man fände sie bei den alten (d. h. den jetzigen) Autoren durch „stolonibus nullis s. brevibus“ charakterisirt; in den alten (d. h. den jetzigen) Herbarien wären ebenfalls keine Exemplare mit Stolonen enthalten; denn manche Systematiker sind den kultivirten Exemplaren wenig hold. Man könnte also leicht auf den irrigen Gedanken kommen; die Pflanze habe im Laufe der Jahre ihre Natur geändert.

Ich gebe zu, dass diese Annahme für die genannte Pflanzenart unwahrscheinlich und selbst absurd ist. Für andere Pflanzenarten dagegen, die in weniger besuchten

Ländern wachsen und ein mehr sporadisches Vorkommen zeigen, lässt sich ein solcher Fall wohl denken. Ueberhaupt ist es für eine künftige Geschichte der Arten und constanten Varietäten von der grössten Wichtigkeit, dass die Natur derselben und die Grenzen ihrer Veränderlichkeit genau festgestellt werden; denn nur so wird sich in 50, in 100 und mehr Jahren sicher ermitteln lässen, ob eine Form die nämliche geblieben oder anders geworden ist. Die Constanz lässt sich nämlich, wie von selbst einleuchtet, nicht aus dem Verhalten der wirklichen, sondern nur aus demjenigen der potentialen Eigenschaften ermessen [1]).

Es ist nach dem Vorstehenden kaum nöthig, noch be-

---

1) Um die Natur einer Pflanzenform und die Grenzen ihrer Veränderlichkeit festzustellen, müssen vorzüglich auch Kulturversuche, welche sich an die Beobachtungen auf den natürlichen Standorten anschliessen, gemacht werden. Es ist im höchsten Grade bedauernswerth, dass die unendlich vielen Kulturversuche in den botanischen Gärten für die Kenntniss der Species und constanten Varietäten fast gänzlich verloren sind, wie viel ihnen auch die Morphologie verdankt.

Die Gärten haben sich immer mehr mit Formen bereichert. Aber dieselben sind für die Systematik eher Ballast, als förderndes Material, weil man ihren Ursprung und ihre Geschichte nicht kennt, weil man nicht weiss, was die innern Ursachen, was die äussern Einflüsse und was die hybride Befruchtung dabei gewirkt haben. Desswegen ist mit den fast zahllosen Gartenformen der Hieracien wenig anzufangen und die Abneigung der Systematiker gegen dieselben sehr begreiflich.

Dagegen hat die Kultur einer Form aus andern Gegenden, z. B. aus den Alpen, wenn man deren Ursprung genau kennt, mehr Werth als die Beobachtung auf 10 weitern natürlichen Standorten und diese kultivirten Exemplare verdienen eher eine Stelle im Herbarium als Exemplare von neuen, noch nicht vertretenen Localitäten. Denn die Kulturresultate, verglichen mit der wilden Pflanze, von der sie herstammen, können uns zur Belehrung über ihre Natur Thatsachen an die Hand geben, die wir sonst nirgends erlangen.

sonders zu erklären, dass ich das Vermögen oder die Potentia eines Organismus nur in physischem Sinne auffasse und dass sie für mich nur existirt, wenn sie sich unter bestimmten Umständen verwirklicht. Als potentiale Eigenschaften dürfen somit nur solche angenommen werden, welche beobachtet wurden, oder von denen man sicher sein kann, dass sie in die Erscheinung treten können. Das einzige gültige Kriterium für das Vermögen ist demnach der Kulturversuch.

Es ist aber die Potentia nicht selten auch in naturphilosophischem oder idealem Sinne verstanden und auf Eigenschaften angewendet worden, die sich niemals verwirklichen. Dadurch ist sie bei den Empirikern in Misskredit gekommen. Besser würde man nach meiner Ansicht dieses bloss vorausgesetzte Vermögen ein ideales nennen, und damit zugleich schon bestimmt aussprechen, dass es bloss in der Idee besteht.

Irre ich nicht, so hat sich E. Fries dieser Auffassung bedient, wenn er die Piloselloiden in den Symbolae schlechthin durch „Innovatio herbae per stolones, nunc in rhizoma repens, nunc in caudiculos laterales abeuntes" charakterisirt, und wenn er von denselben weiterhin sagt: „Innovatio per stolones Pilosellarum gregi propria est; a typo nullius harum speciei aliena. Omnibus stolones in potestate adsunt, licet vulgo deficiant . . . ." Dass es hier nicht auf die physische Potestas abgesehen ist, geht aus den Bemerkungen hervor, welche Fries in dem nämlichen Buch bei einzelnen Arten der Pilloselloiden macht. So sagt er von H. florentinum stolones numquam edens, von H. hyperboreum stolonibus absolute caret, von H. setigerum radix numquam stolonifera visa, von H. echioides radix non stolonifera, von H. olympicum radix numquam stolonifera visa, bei H. petraeum radix non stolonifera etc. In der That bin ich überzeugt, dass alle Experimente der

Kultur und alle Beobachtungen auf den natürlichen Standorten an mehreren Arten der Piloselloiden niemals Stolonen zu Tage fördern werden, dass ihnen also jedenfalls das physische Vermögen dazu mangelt.

Ich will nun nicht über die Berechtigung streiten, auch von idealen Eigenschaften der Organismen zu sprechen. Aber ich gestehe, dass ich eine wissenschaftliche Methode dafür nicht kenne und ebenso, dass ich den Nutzen davon nicht einsehe. Wenn ich nicht irre, so wird immer dann eine Eigenschaft in der Idee angenommen, wenn sie bei nah verwandten Formen vorhanden ist; sie hat also nur die Bedeutung eines Pleonasmus, um die innige Affinität auszudrücken. Die naturhistorische Kenntniss der Form würde aber nicht vermehrt, wenn man H. florentinum, um seiner Beziehungen zu andern Piloselloiden willen, ideale Stolonen zuschreiben, oder wenn man den Menschen, wegen seiner Verwandtschaft mit den Säugethieren, in potestate geschwänzt nennen wollte[2]).

---

2) Wie in den genannten Fällen den Pflanzen der nämlichen Gruppe in der Idee gemeinsame Eigenschaften, so werden in andern Fällen den Pflanzen verschiedener Gruppen ideale Verschiedenheiten zugeschrieben, die in der Wirklichkeit nicht vorhanden sind. Daher die ungleiche Terminologie für das gleiche Organ bei verschiedenen Ordnungen und Klassen (z. B. die Frucht bei den Phanerogamen, die Organe der Cryptogamen), da doch nur die wirklich (auch potential) vorhandenen Unterschiede zu einer ungleichen Benennung berechtigen sollten.

Auch bei den Hieracien giebt es Beispiele für ein solches Verfahren. Fries nennt z. B. den Wurzelstock der drei ersten Piloselloidengruppen (Pilosellinen, Auriculinen und Rosellen) Rhizoma, den der vierten Gruppe (Cymellen) Radix. In der Wirklichkeit finde ich keinen Unterschied zwischen dem fast senkrechten „Rhizoma" vieler Exemplare von H. alpicola und der „Radix" von H. florentinum und anderer Cymellen, ebensowenig zwischen dem schiefen „Rhizoma" von H. glaciale und H. Laggeri und der

Mit den der Idee nach existirenden Eigenschaften mag man es also halten wie man will. Aber ein reeller Nachtheil für die Wissenschaft liegt darin, wenn man nicht strenge zwischen wirklichen, zwischen potentialen (im physischen Sinne) und idealen Merkmalen unterscheidet, wenn der Autor den Leser im Zweifel lässt, wie er seine Diagnosen verstanden wissen will.

Diess führt mich auf die Form der Diagnosen; man bestrebt sich noch immer, dieselben in Linnéischer Manier abzufassen. Die kurzen präcisen Differentialcharaktere Linnés haben die Wissenschaft ohne Zweifel sehr gefördert, sie haben das Studium der systematischen Botanik ungemein erleichtert und somit die Pflanzenkenntniss vermehrt. Aber einerseits ist die Erkenntniss der variabeln Formen jetzt auf einen Höhepunkt gelangt, dass für die gehörige Berücksichtigung aller Vorkommnisse einer massgebenden Eigenschaft eine längere Beschreibung erfordert wird. Anderseits verlangt die Wissenschaft, um die Natur einer Pflanzenform richtig darzustellen, nicht bloss die Berücksichtigung der wirklichen, sondern auch der potentialen Merkmale, was sich ebenfalls nicht mit einigen kurzen Ablativen abthun lässt.

Nun hat man sich aber so sehr an die Linné'sche Kürze gewöhnt und die Diagnosen nehmen sich in dieser Form so gut aus, dass man oft ein complizirtes Verhältniss

---

schiefen „Radix" mancher Exemplare von H. cymosum, H. glomeratum etc. Dass kein wirklicher, sondern nur ein idealer Unterschied auch in den Augen von Fries bestehe, ergiebt sich deutlich aus folgender Thatsache. In den Symbolae wurden H. pumilum Lapeyr. nnd H. petraeum Frivald. bei der Stirps H. cymosi aufgeführt und hatten beide in der Artdiagnose eine „Radix". In der Epicrisis bilden sie mit andern Arten eine besondere Stirps und haben nun, wie diese andern Arten, ein „Rhizoma".

durch ein einziges Wort ausdrückt, indem man alle Beschränkungen und nähern Bestimmungen auslässt. Dadurch werden aber die Diagnosen wahre Orakelsprüche, die man nicht zu enträthseln vermag, und deren Sinn man erst begreift, wenn man die Arbeit des Autors selbst wiederholt hat, d. h. wenn man alle Formen, die er untersuchte, ebenfalls untersucht hat. Ich will als Beispiel die Innovation anführen.

Wenn ich die Piloselloiden, von denen ich bereits gesprochen habe, übergehe, so finden wir bei verschiedenen Autoren die übrigen Gruppen der Hieracien gewöhnlich kurz folgendermassen diagnostizirt:

Aurella. Innovation durch Rosetten.

Pulmonarea. Innovation durch Rosetten.

Accipitrina. Innovation durch geschlossene Knospen.

So einfach und klar diess scheint, so dunkel und vieldeutig ist es. Der Ausdruck „Innovation durch Rosetten" kann nicht weniger als folgende sechs Bedeutungen haben, von denen man nach dem Usus der Autoren zum voraus nicht weiss, welche gemeint ist.

1. Alle zu der betreffenden Gruppe gehörenden Pflanzen bilden ausschliesslich Rosetten (d. h. andere Innovationsformen mangeln).

2. Alle betreffenden Pflanzen bilden Rosetten, aber daneben auch andere Innovationsformen (z. B. geschlossene Knospen).

3. Die Mehrzahl der Pflanzen (sei es die Mehrzahl der Arten, sei es die Mehrzahl der Individuen in den einzelnen Arten) besitzt Rosetten, während die kleinere Zahl auf eine andere Weise innovirt.

4. Alle Pflanzen haben das Vermögen, Rosetten zu bilden; unter ungünstigen Verhältnissen tritt eine andere Innovationsform an deren Stelle.

5. Nur die Mehrzahl der Arten besitzt dieses Vermögen, einigen mangelt es.

6. Die Gruppe besitzt der Idee nach („typisch") Rosetten; wenn sie eine andere Innovationsform zu zeigen scheint, so geschieht es in unächter Weise („spurie").

Man wird zugeben, dass diese Begriffe unter sich verschieden genug sind, sowie auch, dass die Auswahl hinreichend gross ist, obgleich sie sich nur auf die Hauptmodificationen beschränkt. Nichtbotaniker möchten es zwar für unmöglich halten, dass ein einfacher Ausdruck, der nicht etwa bei einem Schriftsteller des Alterthums, sondern in naturwissenschaftlichen Büchern neuesten Datums vorkommt, so vielfacher Auslegung fähig sei. Ich könnte aber aus den Beschreibungen und Diagnosen der Hieracien Dutzende von Beispielen anführen, wo ein ganz absolutes und ohne Beschränkung gebrauchtes Merkmal [3]) bald nach der Analogie der einen, bald der andern der vorhin angeführten 6 Auslegungen gedeutet werden muss. Dabei habe ich durchaus nicht etwa solche Fälle im Auge, wo dem Autor gewisse Verhältnisse verborgen blieben, oder wo er sich sonst geirrt hat, sondern nur solche, wo er wissentlich den unbeschränkten Charakter bald in dem einen, bald in dem andern Sinne brauchte [4]).

3) Z. B. pedunculus glandulosus, involucrum pilosum, involucrum farinosum, folia eglandulosa, ligulae glabrae, caulis nudus, squamae (involucri) acuminatae, folia radicalia persistentia etc.

4) Ich rede hier nur von den Beschreibungen der Hieracien, obgleich ich überzeugt bin, dass ähnliche Ungenauigkeiten, wenn auch nicht in dem gleichen Maasse, in andern Gebieten der systematischen Botanik ebenfalls nicht fehlen. Dass der Uebelstand bei den Hieracien besonders hervortritt, rührt zum Theil davon her, dass hier die Formen häufiger in einander übergehen und daher schwieriger zu charakterisiren sind. Uebrigens anerkenne ich, dass

Ein solches Verfahren hat den einzigen Vortheil, den Formenreichthum der Gattung auf dem Papier schön und übersichtlich zu gliedern, ein Vortheil, der mehr als zweifelhaft ist, da das gegebene Schema nicht die Wirklichkeit ausdrückt. Dagegen sind zwei sehr reelle Nachtheile damit verbunden. Einmal wird die Bestimmung der Pflanzen nahezu unmöglich, weil man nicht weiss, was mit der diagnostischen Phrase gemeint ist. Anderseits kann die Kenntniss der Formen nicht den stetigen und sichern Fortschritt machen, den wir in einer empirischen Wissenschaft verlangen.

Der Fortschritt einer empirischen Wissenschaft wird dadurch bedingt, dass ein Beobachter die Resultate seiner Forschung genau darlege. Ein folgender Beobachter kann darauf weiter bauen; er kann die frühern Erfahrungen berichtigen und das thatsächliche Verhalten genauer und vollständiger feststellen. Das ist ihm aber nicht möglich, wenn der Vorgänger seine Beobachtungen in einer unverständlichen und vieldeutigen Phrase niedergelegt hat. Daher kommt es, dass die Kenntniss der Innovation der Hieracien (mit Ausschluss der Piloselloiden) seit Hegetschweiler und Koch sogut wie keine Fortschritte gemacht hat. Die Aurellen und Pulmonareen werden fortwährend durch Rosetten, die Accipitrinen durch Knospen charakterisirt. Es ist nicht anders denkbar, als dass jeder Autor bei den Aurellen und Pulmonareen manche Modificationen und Ausnahmen beobachtet hat; aber sie sind verloren, weil der herrschende Missbrauch ihm erlaubt, den vorwiegenden allgemeinen Eindruck, den ihm seine Beobachtungen zurückgelassen haben, in die allgemeine Phrase „Innovation durch

einzelne Autoren bestrebt sind, ihren Diagnosen die möglichste Genauigkeit zu geben, so weit es nämlich die hergebrachte Form der Beschreibungen erlaubt.

Rosetten" zu kleiden. Ohne Zweifel hat jeder Autor, je nach dem Material, das er untersuchte, unter diesem nämlichen Ausdruck etwas anderes verstanden. Was es aber sei, ist der Kritik unzugänglich; und die Wissenschaft muss, wenn es sich um die Kenntniss der Innovationsformen bei den verschiedenen Gruppen und Arten handelt, grösstentheils von vorn anfangen[5]).

Ich will zuerst die systematische Bedeutung der Innovation bei den Piloselloiden besprechen, da dieselben ein

---

5) Ich habe bereits bemerkt, dass es sich bei den Hieracien mit andern Merkmalen eben so verhält. Die Floristen werden zwar entgegnen, dass ihnen der Raum mangle, um alle Ausnahmen zu berücksichtigen und um die verschiedenen Nüancen, denen die Verbreitung eines Merkmals fähig ist, auszudrücken, weil dadurch die Diagnosen doppelt und dreifach so lang würden. Indessen könnte ein kleiner Zusatz den Uebelstand schon sehr vermindern, wenn z. B. dem Charakter „mit Ausläufern" je nach Umständen beigefügt würde „immer", „fast ausnahmslos", „meistens", „häufig", „mit Ausnahme einer hochalpinen Varietät", „auf fruchtbarem Boden", „mit Ausschluss allzu trockener Localitäten" u. dgl. Allerdings könnte es der Fall sein, dass alle Merkmale einer Diagnose solche Beisätze bekämen, und die Diagnose wäre weniger präsentabel, dafür aber richtiger und brauchbarer.

Bei den Monographen kann der Grund, dass eine richtige und vollständige Darlegung des Befundes zu weit führen würde, nicht massgebend sein. Denn es ist doch das Wenigste, nach jahrelanger mühsamer Arbeit auch noch die Zeit und das Papier aufzuwenden, um die Resultate dieser Arbeit genau und für die Wissenschaft fruchtbringend zu fixiren. Ich glaube, dass es vorzüglich die Rücksicht auf den hergebrachten Usus ist, welche lieber die Wahrheit mit einem weiten Mantel drapirt, als in einer complizirten und verclausulirten Phrase mit allen ihren Blössen preisgiebt.

eigenthümliches Verhalten zeigen. Der vollständige Charakter für die ganze Gruppe ist folgender:

Innovation selten ausschliesslich durch geschlossene Knospen, meistens durch bewurzelte, sitzende oder gestielte Rosetten (letztere am Ende von Stolonen), unterhalb welcher sich öfter kleine geschlossene Knospen und oberhalb welcher sich zuweilen unbewurzelte blühende oder sterile Stolonen befinden.

Sollte es zweijährige Piloselloiden geben, wie Fries vermuthet, so müsste diess noch in den Charakter aufgenommen werden. Allein die Thatsache scheint mir sehr zweifelhaft zu sein.

Die mit geschlossenen Knospen überwinternden Piloselloiden sind mir nicht aus eigener Anschauung bekannt. Ich kann daher nichts über dieselben aussagen. Was die übrigen betrifft, so sind die Untergruppen und die Arten bis jetzt durch folgende Differenzen in der Innovation diagnostizirt worden:

a) mit sitzenden Rosetten;
b) mit Rosetten, die auf schiefen unterirdischen Stolonen etwas vom Stengel entfernt stehen (z. B. H. cymosum bei Fries);
c) mit (nicht bewurzelten) Flagellen (z. B. H. praealtum bei Fries, Grenier etc.);
d) mit (bewurzelten) Stolonen. Zuweilen werden dieselben als beschuppte und beblätterte unterschieden.

In diesen Merkmalen können aber nicht die spezifischen Differenzen begründet sein. Denn man findet in der gleichen Varietät, selbst bei den Pflanzen, die von Einem Individuum herstammen, ja am nämlichen Pflanzenstock folgende Innovationsformen vereinigt:

1) sitzende Rosetten und Stolonen;
2) sitzende Rosetten und Flagellen;

3) sitzende Rosetten und auf unterirdischen Stielen stehende;
4) Stolonen und Flagellen;
5) Flagellen und Rosetten, welche auf unterirdischen Stielen stehen;
6) beschuppte und beblätterte Stolonen.

Diess sind die wirklich beobachteten Fälle. Wenn ich nicht irre, kommen auch Stolonen zugleich mit Rosetten vor, welche vom Stengel entfernt auf unterirdischen Stielen stehen, womit alle Combinationen der Vereinigung erschöpft sind.

Die systematische Verwendung der Innovationsformen muss also auf einem andern Wege gesucht werden. Nach meinen bisherigen Untersuchungen lassen sich zunächst folgende zwei Hauptmodificationen unterscheiden.

a) Jede Pflanze hat sitzende Rosetten oder bewurzelte Stolonen, die in eine Rosette endigen. Die sitzenden Rosetten haben ohne Ausnahme das Vermögen, in bewurzelte Stolonen auszuwachsen; ausserdem können die obersten Rosetten auch in unbewurzelte (blühende oder sterile) Stolonen sich verlängern.

b) Jede Pflanze hat sitzende Rosetten, welche bloss in aufrechte Stengel auswachsen. Bewurzelte Stolonen mangeln. Dagegen können ausser den sitzenden Rosetten auch solche vorkommen, die auf schiefen unterirdischen Stielen stehen, und über den sitzenden Rosetten können unbewurzelte Stolonen auftreten, welche in einen Blüthenstand oder steril endigen, oder welche mit der Spitze sich auf die Erde legen und eine bewurzelte Rosette bilden.

Die Verschiedenheit zwischen den beiden Gruppen von Arten besteht eigentlich nur darin, dass die erstere ohne

Ausnahme bewurzelte Stolonen zu bilden vermag, während dieses Vermögen der zweiten mangelt. Hat eine Form auf einer Localität bloss sitzende Rosetten, so mag es auf den ersten Blick zweifelhaft sein, ob sie zu der ersten oder zweiten Gruppe gehöre. Allein man wird, wenn sie der ersten beizuzählen ist, nach einigem Herumsuchen auf dem Standort immer einige kurze Stolonen finden. Ausserdem giebt die Kultur sichern Aufschluss.

Es ist auch zu bemerken, dass Pflanzenformen mit sitzenden Rosetten aus der ersten Gruppe einen Stengel bilden, der am Grunde gebogen (aufsteigend) ist, während bei den Pflanzen der zweiten Gruppe der Stengel ohne Ausnahme am Grunde gerade (aufrecht) ist. Ebenso zeigt sich das Rhizom fast durchgängig bei beiden Gruppen verschieden. Bei der ersten ist es verlängert und kriechend, wenn aus Stolonen hervorgegangen; verkürzt, aber horizontal oder schief-horizontal, wenn aus Rosetten entstanden. Bei der zweiten Gruppe dagegen ist es vertikal oder schief-vertikal. In den meisten Fällen lässt das Rhizom sogleich erkennen, ob eine Pflanze der ersten oder zweiten Gruppe angehört. Es giebt jedoch einzelne Ausnahmen; so können z. B. Pflanzen der zweiten Gruppe durch die unterirdischen Stiele der Rosetten zuweilen ein schief-horizontales Rhizom bekommen[6]).

---

6) Nach den Beobachtungen Juratzka's, deren in der letzten Mittheilung erwähnt wurde, käme noch der Unterschied hinzu, dass die zweite Gruppe Adventivknospen auf den Nebenwurzeln zu bilden vermag, während dieses Vermögen der ersten Gruppe mangelt. Ich habe diese Erscheinung nicht in die Diagnose aufgenommen, weil ich sie noch nicht auffinden konnte. Bei den Arten der zweiten Gruppe habe ich ausser den sitzenden Rosetten bloss solche gesehen, deren Stiele an tiefer liegenden Theilen des Rhizoms angeheftet sind und somit aus Adventivknospen entsprungen zu sein scheinen.

Zu der ersten Gruppe gehören die Hauptarten H. Pilosella Lin., H. Auricula Lin., H. glaciale Lach., H. aurantiacum Lin., H. pratense Tausch. nebst den Zwischenarten H. auriculaeforme Fr., H. acutifolium Vill. (H. sphaerocephalum Froel.), H. stoloniflorum W. K. (H. versicolor Fr.), H. flagellare Rchb. (H. stoloniflorum Auct.), H. fuscum Vill. etc.

Zu der zweiten Gruppe gehören die Hauptarten H. florentinum All. mit H. praealtum Vill., H. cymosum Lin., H. sabinum Seb. Maur.

Die Zwischenformen zwischen den Arten der ersten und zweiten Gruppe sind natürlich rücksichtlich ihrer Innovation unbestimmt und veränderlich. Nicht selten bietet uns die Uebergangsreihe zwischen zwei Arten zwei Hauptformen dar, von denen die eine sich rücksichtlich ihrer Innovation wie die erste, die andere wie die zweite Gruppe verhält (so z. B. die Reihe zwischen H. Pilosella und H. praealtum).

Innerhalb der beiden Gruppen, welche durch die Innovation bestimmt sind, giebt es rücksichtlich dieses Merkmals noch andere specifische Unterschiede. Es würde aber zu weit führen, wenn ich auf diese ziemlich subtilen Dinge hier eintreten wollte.

Alle übrigen europäischen Hieracien (mit Ausschluss der Piloselloiden) innoviren mit geschlossenen Knospen

---

Nach meiner Vermuthung sind es indess nicht Adventivknospen, sondern wirkliche Axillarknospen, die sich spät entwickeln.

Auffallender Weise spricht Juratzka nicht von dieser Erscheinung. Oder sollte er irrigerweise die unterirdischen Stiele (Stolonen) für Nebenwurzeln angesehen haben, mit denen sie oft einige Aehnlichkeit zeigen? Adventivknospen auf ächten Wurzeln kommen zwar bei holzigen Pflanzen zuweilen vor, bei krautartigen dürften sie zu den Seltenheiten gehören.

oder mit Rosetten. Der Unterschied gegenüber den Piloselloiden besteht nur darin, dass die eine Innovationsform (durch Stolonen), welche vielen Piloselloiden dem Vermögen nach zukommt, ganz mangelt.

Was die systematische Bedeutung der Innovationsmerkmale betrifft, so ist vor Allem festzustellen, dass die bisherigen Gruppen

a) mit Rosetten (Aurellen und Pulmonareen)

b) mit geschlossenen Knospen (Accipitrinen)

wenigstens in dieser Form unhaltbar sind. Denn, wie ich gezeigt habe, überwintert

1) manche Form der Accipitrinen in dem einen Jahr bloss mit geschlossenen Knospen, in einem andern mit zahlreichen Rosetten, die aus den Knospen sich vorzeitig entwickelten;

2) überwintert manche Form der Aurellen und Pulmonareen unter gewissen Umständen (die von Localität, Klima nnd Witterung abhängen) mit Rosetten und Knospen, unter andern bloss mit Knospen;

3) giebt es Arten, welche rücksichtlich der Innovation dergestalt in der Mitte stehen, dass man sie mit gleichem Rechte dem einen oder dem andern Typus zutheilen kann.

Sehen wir von diesen mittleren Bildungen einstweilen ganz ab und berücksichtigen wir bloss diejenigen Arten der Aurellen und Pulmonareen einerseits sowie der Accipitrinen anderseits, welche am meisten in der Innovation von einander abweichen, — so könnten wir die beiden Gruppen etwa folgendermassen charakterisiren.

a) Jede Pflanze hat entweder dichtgedrungene Rosetten und unterhalb derselben meist einzelne kleine geschlossene Knospen, oder sie hat ausschliesslich Knospen, von denen alle klein oder die obern von mittlerer Grösse sind.

b) Jede Pflanze hat grosse geschlossene Kno-

spen, von denen die obern in lockere Rosetten entwickelt sein können.

Nach diesen Charakteren dürften die Formen mit ausgesprochener Innovationsform wie H. murorum, H. alpinum, H. amplexicaule etc., ferner H. umbellatum, H. boreale etc. immer sicher zu erkennen sein. Wir haben dabei auf folgende drei Punkte vorzüglich zu achten:

1) sind die Knospen der ersten Gruppe viel kleiner, als die der zweiten;

2) wachsen die Knospen der ersten Gruppe sehr ungleichmässig, die obern nämlich viel rascher als die untern, während bei der zweiten Gruppe die Knospen am nämliehen Rhizom mehr eine gleiche Grösse zeigen;

3) entfalten sich die Knospen der ersten Gruppe, besonders die obern, viel rascher als die der zweiten Gruppe, wesswegen die erste Gruppe im Herbste meistens Rosetten besitzt, während die zweite es in der Regel nicht dazu bringt.

Bei Berücksichtigung dieser Verhältnisse lassen sich zuweilen Innovationen unterscheiden, die einander sehr ähnlich sind, so z. B. diejenigen von H. vulgatum Fr. und H. tridentatum Fr., von denen das erstere zuweilen bloss geschlossene Knospen hat wie das zweite oder das zweite Rosetten wie das erste. Ich untersuchte Ende Oktober 1864 die Innovation beider Arten auf einer Localität in der Nähe von München. Beiden mangelten die Blätterbüschel vollständig. Aber bei H. tridentatum waren alle Knospen fast gleich und überschritten die Länge von 10 Millimetern nicht, während sie bei H. vulgatum an dem gleichen Rhizom von den kleinsten Anfängen bis zu 15 Millimetern Länge variirten. Bei der ersten Art befanden sich die Knospen (in der Zahl von 3—5) ziemlich in gleicher Höhe am Wurzelstock, bei der zweiten standen sie höher und tiefer und zeigten eine sehr ungleiche Entwickelung. Wäre

die Entwickelung etwas weiter fortgeschritten, so hätten sich bei H. vulgatum einzelne kleine Rosetten gebildet, während H. tridentatum bloss noch Knospen besessen hätte [7]).

Wenn aber auch viele Arten nach der emendirten Form des Differentialcharakters sich ziemlich sicher in die beiden durch die Innovation bestimmten Gruppen sondern lassen, so giebt es andere, die immer noch mit gleichem Rechte zu der einen und der andern gestellt werden können. Schon aus diesem Grunde wird die Benützung der Innovation zur Unterscheidung der Gattungssectionen misslich.

Der Hauptgrund aber, warum ich die Innovation als Merkmal für die Sectionen verwerfen muss, liegt darin, dass eine consequente Durchführung zu unnatürlichen Anordnungen führt. Während H. glaucum, H. villosum, H. murorum mit H. vulgatum der Innovation nach zur ersten Gruppe gehören, müssen einige Formen, die ihrer Verwandschaft nach den genannten Arten sehr nahe stehen, zum Theil selbst nicht einmal spezifisch verschieden sein dürften, zur zweiten Gruppe gestellt werden [8]).

---

7) Ich bemerke noch, dass eine Verwechslung von H. tridentatum und H. vulgatum nicht möglich war, indem beide noch einzelne Blüthenköpfe hatten. Uebrigens hat der Autor der beiden Arten, E. Fries, die Pflanzen von der nämlichen Localität im Herbarium boicum untersucht und approbirt.

8) Christener hat in den „Hieracien der Schweiz" H. valdepilosum Vill. zu den Accipitrinen gestellt, weil es, wie die Kultur zeige, mit grundständigen Knospen überwintere. Fries ist diesem Beispiel in den „Hieracia europaea exsiccata" gefolgt. Früher schon hatte Grenier (Flore de France) die nämliche Versetzung vollzogen, aber es ist mir zweifelhaft, ob er genau die nämliche Pflanze unter dem gleichen Namen verstanden hat.

Was die Pflanze der Schweizeralpen betrifft, so wurde sie sonst zu den Aurellen gestellt und dorthin gehört sie offenbar ihrer Verwandtschaft nach. Solange man alle ächten Hieracien in Aurellen,

Wenn auch die Innovation nicht dazu geeignet ist, die Hauptabtheilungen der Gattung **Hieracium** zu trennen, so darf sie doch als Merkmal nicht verworfen werden. Sie ist vortrefflich geeignet, um kleinere Gruppen von Species, oder auch nur einzelne Species und constante Varietäten zu charakterisiren, nicht sowohl, um als Unterscheidungsmerkmal beim Bestimmen zu dienen, als um die Natur der Pflanze und ihre Verwandtschaft feststellen zu helfen.

Als Unterscheidungsmerkmal ist die Innovation schon desswegen wenig geeignet, weil sie nur schwer ermittelt werden kann. Im Herbste, unmittelbar vor dem Einwintern, ist es meist unmöglich, die Standorte zu besuchen, wenn sie sich nicht zufällig in der Nähe befinden. Ferner sind die Pflanzen, weil sie verblüht und die Stengel abgestorben sind, oft schwer zu finden und zu erkennen. Ueberdem reicht eine einzige Beobachtung nicht aus; man muss die Pflanzen wiederholt und in verschiedenen Jahren gesehen haben.

Die Untersuchung der Innovation muss daher an Exemplaren, die man im Garten kultivirt, ausgeführt werden, eine Bedingung, die nur von wenigen Beobachtern erfüllt werden kann. Ich wäre wohl nie dazu gekommen, eine klare Einsicht über die Bedeutung der Innovation zu erlangen, wenn mir nicht eine grosse Zahl kultivirter Arten zu Gebot gestanden hätte. Aber obgleich sich gegenwärtig im Münchner Garten über 300 Sätze von Hieracien befinden, und ich alle im Herbst 1864, im Frühjahr 1865 und im Herbst 1866 auf den Neuwuchs untersucht und

---

Pulmonareen und Accipitrinen theilt, sollte man nach meiner Ansicht H. valdepilosum bei den Aurellen lassen, wo auch noch andere Formen mit Knospen überwintern.

vor sich geht. Die Innovation ist als Glied der ganzen Entwickelung und im Verhältniss zu den verschiedenen möglichen Formen dieser Entwickelung aufzufassen und dafür der genaue Ausdruck zu finden.

Ich bin vollkommen mit Fries einverstanden, wenn er mit Bezug auf andere Erscheinungen in der Geschichte der Hieracienkunde sagt: „non novis nominibus sed novis observationibus opus est". Aber ich füge mit besonderer Rücksicht auf die Diagnostik hinzu: non novis sed exactis observationibus et exactis earum descriptionibus opus est.

Erklärung der Tafel.

I, II, III, IV bezeichnen die auf einander folgenden Sprossgenerationen. Die schraffirten Stengel sind abgestorben. Alle Figuren sind halbschematisch.

1, 2. Hieracium cymosum Lin. mit einer sitzenden und mehreren gestielten Rosetten. s . . . s Erdoberfläche.

3, 4, 5, 6. H. murorum Lin. Var. mit Rosetten und geschlossenen Knospen. r Rosetten. g Knospen.

7. H. murorum Lin. Var. mit kleinen geschlossenen Knospen (g). Die obersten zwei sind vertrocknet (g^1).

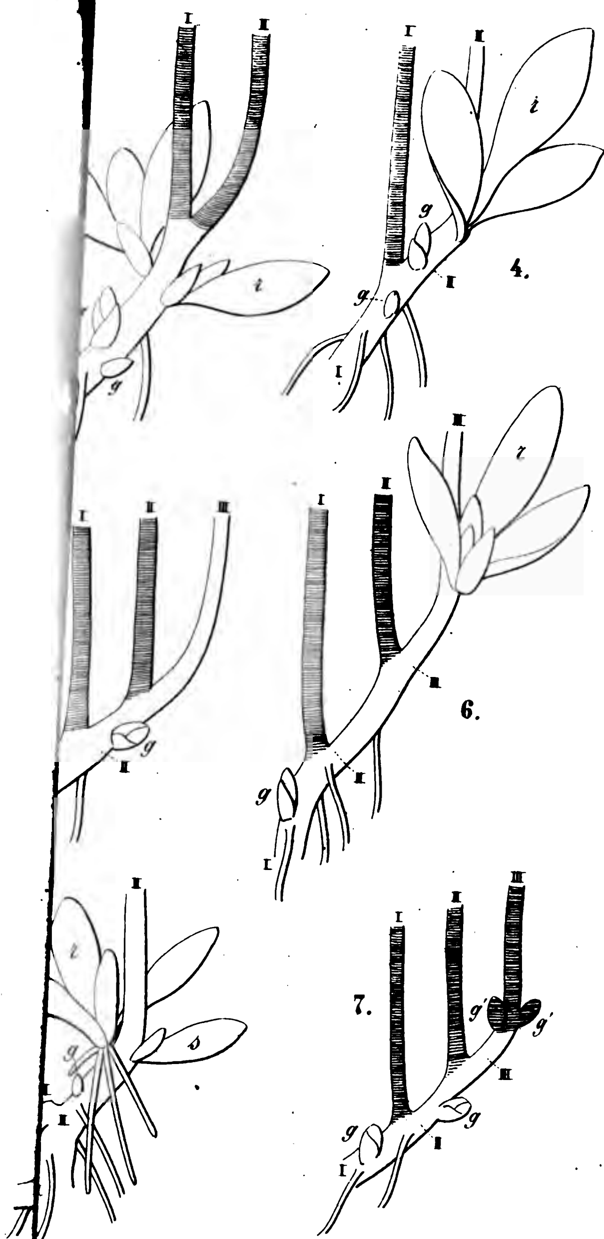
8, 9. H. praealtum Vill. Var. obscurum, mit 1 und 2 Rosetten (r und s), und mit kleinen geschlossenen Knospen (g).

10, 11, 12. H. vulgatum Fr. g geschlossene Knospen; s auswachsende Knospe; r Rosette.

13. H. murorum Lin., im Geröll gewachsen, mit einer winzigen Rosette (r), einer auswachsenden Knospe (s), und mit geschlossenen Knospen, die höher (g) und tiefer (h) am Rhizom stehen.

14. H. Sendtneri Näg. mit grössern (g) und kleinern (h) geschlossenen Knospen.

15. H. Pilosella Lin. Var. vulgare aus den Alpen, mit einer sitzenden Rosette (r) und einem nach Art von H. glaciale gebauten Wurzelstocke.



S. Minsinger's Lith. Anst. v. B. H[illegible] in München.

3.

32. Ueber die Entstehung und das Wachsthum der Wurzeln bei den Gefässcryptogamen.

In den Jahren 1864—1866 wurden von Herrn Prof. Leitgeb, der sich zweimal mit Urlaub in München befand, und mir gemeinsam mikroskopische Untersuchungen über die Entstehung und das Wachsthum der Wurzeln bei den Gefässpflanzen angestellt. Nachdem dieselben im September dieses Jahres zum Abschluss gelangt sind, theile ich die wichtigsten Ergebnisse betreffend die Gefässcryptogamen hier vorläufig mit. Eine weitläufigere durch zahlreiche Tafeln erläuterte Darstellung wird später im vierten Heft meiner Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik veröffentlicht werden.

Ich beginne mit einer Pflanze, welche wie alle andern Gefässpflanzen in der Erde wurzelt, ohne dass sie merkwürdiger Weise Wurzeln besitzt. Es ist die Gattung Psilotum. Ehe ich diese Verhältnisse erörtere, dürfte es zweckmässig sein, eine Bemerkung über das, was man unter Wurzel versteht, einzuschalten.

Es gab eine Zeit, wo man so ziemlich alle unterirdischen Theile einer Pflanze, Wurzeln nannte, und wo man ausserdem einige oberirdische Theile, die offenbar mit den unterirdischen grosse Analogie zeigen, ebenfalls als Wurzeln bezeichnete. Indessen erkannte man, dass die unterirdischen Theile morphologisch ungleichwerthig sind und dass die einen derselben die grösste Aehnlichkeit mit dem Stengel und den Aesten besitzen, indem sie ebenfalls Blätter und in deren Achseln Knospen bilden. Man beschränkte also den Begriff der Wurzel auf die übrigen Organe, welche keine Blätter und Axillarknospen tragen.

Es war wohl nicht gerechtfertigt, die Benennung, die bis-

her für eine Kategorie von Dingen gegolten hatte, auf einmal bloss für einen Theil derselben anzuwenden. Desswegen hat auch die botanische Terminologie im Leben sich keine Geltung verschaffen können. Der Landwirth und der Gärtner nennen immer noch alle unterirdischen Organe zusammen die Wurzel. Die Agrikulturchemie folgt diesem Beispiel, und selbst mancher Systematiker bedient sich in seinen Pflanzenbeschreibungen noch des Wortes Radix in der alten Bedeutung.

Die botanische Terminologie hat, indem sie den Begriff der Wurzel veränderte, einen Fehler begangen, der von der einseitigen morphologischen Wissenschaft später noch öfter wiederholt worden ist. Man bedachte nicht, dass die unterirdischen Theile einer Pflanze zusammen ein Ganzes bilden, das den oberirdischen entgegengesetzt ist, zwar nicht morphologisch aber doch physiologisch; — dass man daher den unterirdischen Theilen nicht ihren Namen nehmen durfte, ohne ihnen einen andern zu geben. Denn dieser Name, wenn er auch für die Pflanzenbeschreibungen nicht nothwendig ist, kann doch im praktischen Leben und bei physiologischen Erörterungen nicht entbehrt werden.

Das einzig Rationelle wäre gewesen, dem Ausdrucke Wurzel die hergebrachte, in der Wissenschaft und im Leben eingebürgerte Bedeutung zu lassen, und für die Theile, die man morphologisch unterschied, eine neue Benennung zu wählen. Die Missachtung dieser einfachen logischen Forderung führte den unvermeidlichen Uebelstand herbei, dass nun Wurzel für zwei verschiedene Begriffe gebraucht wird; und dieser Uebelstand wird wohl dauern, solange die Botanik an ihrer Terminologie festhält. Das Ungereimte des jetzigen Verfahrens wird recht handgreiflich, wenn man, wie bei Psilotum, auf eine Pflanze trifft, die, wie ich schon sagte, in der Erde wurzelt, ohne „Wurzeln" zu besitzen, — die ein Organ besitzt, welches in seinen physiologischen Funktionen sich wie eine Wurzel verhält, welches nach unten

wächst, welches das Aussehen und den Bau einer Wurzel hat, welches zur Befestigung und Nahrungsaufnahme dient, aber nicht „Wurzel" genannt werden darf, weil es morphologisch einen andern Charakter trägt.

Das Charakteristische der morphologischen Wurzel besteht nun darin, dass ihr Vegetationskegel von einer Wurzelhaube bedeckt ist, dass sie keine Blattanlagen erzeugt, und dass sie wohl immer im Innern des Gewebes entsteht. Andere Unterschiede, sei es im Bau, sei es in der Wachsthumsrichtung, sei es in der Funktion, existiren nicht, oder haben nur für gewisse Fälle Geltung. Damit soll nicht geleugnet werden, dass die morphologische Wurzel ein sehr ausgeprägtes und von den übrigen Theilen des Pflanzenstockes wesentlich verschiedenes Organ sei. Ich will nur hervorheben, dass sie sich bloss durch wenige, vielleicht durch ein einziges überall gültiges Merkmal zu erkennen giebt, wie diess übrigens auch bei den andern morphologischen Begriffen z. B. beim „Blatt" der Fall ist, welches sich ebenfalls weder durch den Bau, noch durch die Form, noch durch das Wachsthum, noch durch die Funktion vom Stengel unterscheidet [1]).

1) Die Benennung Blatt hat eine ähnliche Geschichte wie die Benennung Wurzel. Im täglichen Leben, wie früher in der Wissenschaft, versteht man darunter die grünen Blätter; es ist diess zugleich ein sehr wichtiger und markirter physiologischer Begriff. Die Botanik fand nun, dass mit den grünen Blättern in gewissen morphologischen Beziehungen verschiedene andere Organe übereinstimmen, welche im äussern Ansehen, in der innern Structur und in den Verrichtungen nicht die geringste Aehnlichkeit mit ihnen besitzen. In Folge dessen trug man den Ausdruck „Blatt" auf alle diese Organe, sie mögen Schuppen, Warzen, Stacheln oder Ranken sein, über, statt wie es wohl richtiger und praktischer gewesen wäre, für den neuen Begriff des morphologischen Blattes auch eine neue Benennung etwa „Phyllom" aufzustellen. So kommt es, dass Blatt selbst in der Wissenschaft eine doppelte Bedeutung hat, die allgemeine in der

Betrachten wir nun die unterirdischen Theile von Psilotum etwas näher. Dieselben können dem äussern Ansehen nach nicht von denen der andern Gefässpflanzen unterschieden werden. Man sieht ferner ebenfalls, dass sie aus zwei verschiedenen Organen bestehen und man glaubt daher, wie bei so vielen krautartigen Gewächsen Verzweigungen des Wurzelstockes und ächte Wurzeln (im morphologischen Sinne) vor sich zu haben. Eine genauere mikroskopische Untersuchung weist aber nach, dass alle unterirdischen Theile Verzweigungen des Wurzelstockes sind. Ich will daher die einen als die gewöhnlichen, die andern als die wurzelähnlichen Rhizomsprosse bezeichnen.

Die gewöhnlichen Sprosse des Wurzelstockes sind etwas stärker; sie haben eine mehr oberflächliche Lage. Mit Hülfe der Lupe bemerkt man an ihren Spitzen einzelne winzige „Blätter" von weisslicher Farbe und pfriemlicher Gestalt. Mit Rücksicht auf ihre anatomische Structur bestehen diese Rhizomsprosse aus einer parenchymatischen Rinde und einem centralen marklosen Gefässcylinder, in welchem ein Kreis von 3 oder mehreren getrennten Gefässgruppen (Vasalsträngen) sich befindet.

Die wurzelähnlichen Rhizomsprosse sind etwas schmächtiger und haben im Allgemeinen eine tiefere Lage. An ihren mehr gestutzten Enden lassen sich auch mit Hülfe des Vergrösserungsglases nie blattartige Organe erkennen. In dem centralen marklosen Gefässcylinder sind die Gefässe in eine einzige den Mittelpunkt einnehmende Gruppe vereinigt.

Dass die gewöhnlichen Sprosse des Rhizoms Stengelorgane im morphologischen Sinne sind, sieht man schon deut-

---

Morphologie und die beschränkte als grünes Blatt in der Physiologie und in der Systematik, wo Folium den Gegensatz von Bractea, Squama, Palea etc. bildet.

lich aus dem Umstande, dass einzelne derselben schief nach oben wachsen und dann aufsteigend in oberirdische mit grünen Blättern besetzte Stengel sich verlängern. Dass die wurzelähnlichen Sprosse die gleiche morphologische Bedeutung haben, wird schon durch die mit blossem Auge zu beobachtende Thatsache sicher angedeutet, dass einzelne derselben, statt wie gewöhnlich abwärts zu wachsen, mit ihren Spitzen sich schief empor richten, dass sie dabei an Dicke zunehmen und in gewöhnliche Rhizomsprosse sich umwandeln. Dem entsprechend findet man nicht selten gewöhnliche Rhizomsprosse, welche in ihrem untern Theile das Aussehen und den Bau der wurzelähnlichen Sprosse mit einer einzigen Gefässgruppe im Mittelpunkt des Gefässcylinders zeigen.

Diese Andeutungen werden durch die Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte bestätigt. Erstlich ist hervorzuheben, dass den wurzelähnlichen Rhizomsprossen das Hauptmerkmal der morphologischen Wurzeln, nämlich die Wurzelhaube mangelt. Ihr Scheitelwachsthum ist ganz das nämliche wie bei den gewöhnlichen Wurzelsprossen und bei den oberirdischen Stengeln der gleichen Pflanze. An dem nackten Scheitel beobachtet man die Scheitelzelle, welche sich, wie bei den übrigen Gefässcryptogamen und bei den Moosen, durch schiefe Wände, die nach verschiedenen Richtungen alterniren, theilt.

Eine zweite eben so wichtige Thatsache ist die, dass die wurzelähnlichen Rhizomsprosse, wenn auch nicht winzige reduzirte „Blätter“ wie die gewöhnlichen Sprosse, doch zahlreiche Blattanlagen besitzen. Aber diese Anlagen bestehen bloss aus wenigen Zellen, die nicht über die Oberfläche hervorragen sondern im Gewebe versteckt bleiben. Man erkennt sie am besten im Längsschnitt, wo sie aus einer Scheitelzelle und aus 2—5 Zellen in der nämlichen charakteristischen Anordnung wie um die Scheitelzelle des Sprosses bestehen. Solche wenigzellige Blattanlagen kommen in gleicher

Menge auch an den gewöhnlichen Rhizomsprossen vor; hier aber entwickeln sich einzelne weiter. Erst wenn die gewöhnlichen Sprosse des Wurzelstockes an die Erdoberfläche treten, so bildet sich die Mehrzahl der Anlagen oder auch alle zu deutlich sichtbaren Blättern aus.

Diese Beobachtung ist auch desshalb bemerkenswerth, weil sie wohl den ersten Fall darbietet, wo das Vorhandensein von „Blättern" als Zellgruppen, die nicht über das Gewebe des Stengels vortreten, nachgewiesen werden kann. Die Morphologie nimmt zwar nicht selten an, dass an gewissen Stellen, namentlich in den Blüthen, einzelne Blätter oder ganze Blattkreise verkümmert seien, ohne eine Spur ihres Daseins zu hinterlassen. Thatsächliche Beweise für solche Annahmen mangeln bis jetzt. Es dürfte vielleicht auch da bei wiederholten Untersuchungen gelingen, Zellencomplexe aufzufinden, welche die wirkliche Anwesenheit der supponirten Organe darthun.

Die wurzelähnlichen Rhizomsprosse sind also mit Rücksicht auf die zwei entscheidenden Merkmale (Mangel der Wurzelhaube und Anwesenheit von Blattanlagen) ganz sicher Stengelorgane. Sie können im morphologischen Sinne keine Wurzeln sein. Es ist von keinem grossen Belange, weitere Analogien zwischen ihnen und den gewöhnlichen Rhizomsprossen aufzuzählen. Doch mag zur Erhärtung der grossen Verwandtschaft angeführt werden, dass beide in allen wichtigen Erscheinungen des Wachsthums vollkommen übereinstimmen, so namentlich auch darin, dass sie die Verzweigungsanlagen in der nämlichen Weise bilden. Es wird nämlich, wie bei der Entstehung der Blätter, aus einer der Scheitelzelle zunächst liegenden Zelle durch eine schiefe Scheidewand eine Zelle abgeschnitten, welche der Anfang des neuen Sprosses ist.

Die Uebereinstimmung, welche die wurzelähnlichen Rhizomsprosse mit den ächten Wurzeln anderer Pflanzen haben,

besteht darin, dass sie das nämliche Bestreben zeigen, nach unten zu wachsen, dass sie die gleichen Funktionen vollführen, und dass sie eine ähnliche Tendenz haben, die Gefässe auf einem möglichst kleinen Querschnitt in der Axe des Organs zu vereinigen.

Wir lernen somit den morphologischen Stengel in einer neuen Modifikation kennen, welche noch eine Stufe tiefer steht als die Niederblattregion der übrigen Gefässpflanzen und welche man wohl mit dem Namen Rhizoid bezeichnen könnte. Das ganze Stammgerüste von Psilotum besteht aus 4 Regionen:

1) Die blattlose oder Rhizoid-Region. Die Sprosse sind unterirdisch, bloss mit wenigzelligen nicht vortretenden Blattanlagen versehen, wachsen nach unten und functioniren wie Wurzeln.

2) Die Niederblattregion. Die Sprosse sind unterirdisch, mit spärlichen und winzigen Niederblättern an den Enden; sie wachsen im Allgemeinen horizontal.

3) Die Laubblattregion. Die Sprosse erheben sich aufrecht über die Erde und sind mit grössern grünen Blättern besetzt.

4) Die Hochblatt- oder Fruchtregion.

Die Sprosse der Rhizoid- und Niederblattregion bilden eine unterirdische, abwärts sich ausbreitende und verzweigende Krone, die Sprosse der Laubblatt- und Hochblattregion bilden die oberirdische Krone.

Ein Analogon zu Psilotum bietet uns die verwandte Gattung Selaginella. Zwar besitzen alle Selaginellen ächte Wurzeln (in morphologischem Sinne); und viele haben keine andern abwärts wachsenden Organe als die ächten Wurzeln. Indessen giebt es einige Arten (es gehören dazu S. hortensis, S. Martensii etc.), welche zwischen dem Stämmchen und den Wurzeln ein eigenthümliches Organ einschieben. Wir haben es Wurzelträger genannt.

Die Wurzelträger entspringen zu zwei an den Gabeltheilungen des Stämmchens, einer an der obern, einer an der untern Seite, so dass sie also opponirt sind. Meistens jedoch mangelt der eine derselben und zwar bald der untere, bald der obere. Die Wurzelträger haben ganz das Aussehen der Wurzeln, sie wachsen nach unten, sind bleich (oder auch roth gefärbt) und blattlos. Dass es jedoch keine eigentlichen Wurzeln im morphologischen Sinne sind, geht vornehmlich aus der Thatsache hervor, dass ihnen die Wurzelhaube mangelt. Sie wachsen wie die Spitze des Stämmchens mit einer unbedeckten Scheitelzelle, welche sich ebenfalls durch alternirend rechts- und linksgeneigte Wände theilt. Auch ist bemerkenswerth, dass sie unmittelbar am Scheitel des Stämmchens fast gleichzeitig mit der Gabeltheilung des letztern entstehen.

Die Wurzelträger sind bald unverzweigt, bald theilen sie sich einmal oder mehrmals gabelig. Wenn sie die Erde mit ihren Enden berühren, so schwellen diese kopfförmig an, wobei das Gewebe aufgelockert und die Zellwandungen dick und gallertartig werden. Zugleich entwickeln sich die eigentlichen Wurzeln, die schon vor einiger Zeit im Innern der Trägerenden angelegt wurden und jetzt das aufgelockerte Gewebe durchbrechen.

Offenbar ist der Wurzelträger von Selaginella morphologisch das nämliche Organ wie die wurzelähnlichen Rhizomsprosse von Psilotum und somit ebenfalls als Rhizoid zu bezeichnen. Von den Wurzeln der gleichen Species unterscheidet er sich durch den Mangel der Wurzelhaube somit durch ein anderes Scheitelwachsthum, und dadurch dass er nicht im Innern des Gewebes angelegt wird, somit durch eine andere Entstehungsweise. Ob die Wurzelträger, wie das Rhizoid von Psilotum, Blattanlagen besitze, konnten wir wegen der Kleinheit der Zellen und wegen des frühen

Aufhörens der Theilung in der Scheitelzelle nicht mit Gewissheit ermitteln.

Wenn auch der Wurzelträger von Selaginella die gleiche morphologische Bedeutung hat, wie das Rhizoid von Psilotum, so stimmen beide Organe doch nicht in ihren Verrichtungen überein. Denn der erstere betheiligt sich bei der Aufnahme der mineralischen Nährstoffe in keiner Weise. Er hat nur die Funktion, Wurzeln zu bilden, dieselben mit dem Stämmchen in Communikation zu setzen und vielleicht auch bis zu dem Zeitpunkt, wo die Wurzeln sich entwickeln, tropfbar flüssiges Wasser aufzunehmen.

Ein Hauptvorwurf unserer Untersuchungen war das Wachsthum der Gefässcryptogamen-Wurzeln. Sie beziehen sich auf Equisetum, die Polypodiaceen, Marsilia, Lycopodium, Selaginella und Isoëtes.

Ich muss sogleich bemerken, dass sich darunter zwei ziemlich scharfgeschiedene und charakteristische Typen unterscheiden lassen. Dem einen gehören Equisetum, die Polypodiaceen und Marsilia, dem andern Lycopodium, Selaginella und Isoëtes an. Man könnte sie nach dem in die Augen fallendsten Merkmal, mit welchem offenbar die andern mehr oder weniger innig zusammenhängen, die monopodial-getheilten und die gabelig-getheilten nennen. Die erstern zeichnen sich auch dadurch aus, dass sie theils wegen der Grösse ihrer Zellen, theils wegen besonderer Eigenthümlichkeiten des Wachsthums leicht zu studiren sind und ohne besondere Mühe sichere Resultate geben, während die letztern der Untersuchung die grössten Schwierigkeiten darbieten.

Bei allen ohne Ausnahme findet das Scheitelwachsthum

durch eine Scheitelzelle von pyramidaler Form statt. Dieselbe theilt sich durch schiefe mit ihren Seitenflächen parallele Wände, wodurch Segmente abgeschnitten werden, und durch quere, zur Wurzelachse rechtwinklige Wände, wodurch Kappen abgeschnitten werden. Die Segmente bilden den Wurzelträger, die Kappen die Wurzelhaube[2]).

Die Bildungsgeschichte der Wurzelhaube ist bei der ersten Gruppe (Equisetum, Polypodiaceen, Marsilia) vollkommen klar. Von der Fläche betrachtet (auf Querschnitten durch die Wurzelspitze), sieht man, dass die ziemlich rundliche primäre Kappenzelle („Kappenmutterzelle") zuerst durch Kreuztheilung in 4 Quadranten zerfällt. Von hier an wird die Zellentheilung mit jeder folgenden Generation weniger constant. Der nächste Schritt besteht zwar in der ungeheuren Mehrzahl der Fälle darin, dass jeder Quadrant durch zwei Theilungen in eine die innere Ecke einnehmende und zwei äussere Zellen zerfällt. Doch giebt es hievon schon einzelne Ausnahmen. — In der Regel findet man also in diesem Stadium 4 durch eine kreuzweise Wand geschiedene Zellen, welche um das Centrum gelagert sind und von 8 Zellen umschlossen werden. Jene 4 Zellen theilen sich zuweilen nicht weiter und sind dann auch noch in den spätern Stadien zu erkennen. Gewöhnlich aber erfolgt weitere Zellenbildung in allen Zellen, wobei man in günstigen Fällen noch längere Zeit das centrale Kreuz wahrnimmt. — Mit Rücksicht auf die Lage der ersten Kreuztheilung in der Kappe, bemerke ich noch, dass dieselbe in den auf einander folgenden Kappen regelmässig alternirt. Es hat also das erste

2) Hofmeister hatte früher angenommen, dass die Scheitelzelle der Wurzeln bei den Gefässcryptogamen sich bloss durch Querwände theile, welche abwechselnd dem Wurzelkörper und der Wurzelhaube genähert seien und somit dem einen und dem andern neue Glieder beifügen. Er hat diese Annahme für einige Fälle geändert. Sie ist aber sicher für alle zu verwerfen.

Kreuz die gleiche Lage mit dem dritten und schneidet das zweite unter einem Winkel von 45°.

Betrachtet man die Wurzelhaube auf Längsschnitten der Wurzelspitze, so sieht man die übereinander liegenden Kappen derselben und bemerkt, dass dieselben in der Mitte stärker in die Dicke wachsen als an den Seiten. Es strecken sich also die mittlern Zellen einer Kappe in der Richtung der Wurzelachse. Dabei kommt es zuweilen vor, dass sie sich theilen und dass die Kappe in der Mitte zweischichtig wird. Sie kann auch gänzlich in zwei Schichten zerfallen, wobei die Mitte gewöhnlich drei- und vierschichtig wird.

Von der zweiten Gruppe (Lycopodium, Selaginella, Isoëtes) konnten wir trotz aller Mühe bloss so viel herausbringen, dass die Entwickelungsgeschichte der Wurzelhaube möglicher Weise die nämliche ist, indem nichts beobachtet wurde, was mit der ersten Gruppe im Widerspruche wäre. Einzelne Zustände konnten als identisch nachgewiesen werden.

Eine wichtige Verschiedenheit zwischen den beiden Gruppen besteht aber in der Form und Theilung der Scheitelzelle. Dieselbe ist bei den monopodial-getheilten Wurzeln (Equisetum, Polypodiaceen, Marsilia) im Querschnitt dreieckig und gleichseitig. Die Divergenz der schiefen Wände beträgt, da diese den Seitenflächen parallel sind, 120°. Die Segmentspirale ist meistens rechtsläufig. Die Segmente liegen in drei Längsreihen. Auf die Bildung von je 3 Segmenten folgt in der Regel die Bildung einer Kappe. Zuweilen indess tritt die Kappenbildung auch schon nach der Entstehung von bloss 2 Segmenten ein.

Eine besondere Sorgfalt und ein ungewöhnlicher Zeitaufwand wurde auf die Scheitelzelle der gabelspaltigen Wurzeln (Lycopodium, Selaginella, Isoëtes) verwendet. Der Erfolg war ein verhältnissmässig geringer. Soviel ist jedoch sicher, dass eine Scheitelzelle vorhanden ist und dass sie im Querschnitte keine dreieckige Gestalt zeigt. Ohne

Zweifel ist sie zweiseitig und bei Lycopodium vielleicht auch vierseitig, so dass die Segmente in zwei oder vier Längsreihen liegen.

Die Entstehung des Wurzelkörpers aus den Segmentzellen lässt sich bei den monopodial-getheilten Wurzeln sehr schön verfolgen. Die dreieckig-tafelförmigen Segmente, von denen eines den dritten Theil des Querschnittes einnimmt, theilen sich zuerst durch eine radiale Längswand in zwei ungleiche Hälften. Der Querschnitt der Wurzel zeigt nun 6 Zellen (Sextanten), von denen drei sich im Centrum berühren, während die drei andern nicht ganz bis zum Mittelpunkt reichen. Jede dieser 6 Zellen theilt sich dann durch eine tangentiale (mit der Oberfläche parallel laufende) Wand in eine innere und eine äussere Zelle. Die innere Zelle gehört dem Cambiumcylinder an, der also, mit Rücksicht auf den einzelnen Querschnitt, aus 6 um den Mittelpunkt herum liegenden Zellen entsteht, während die 6 äussern Zellen die Anlage für die Rinde darstellen.

Verfolgen wir nun zuerst die Entstehung der Rinde. Die primären Rindenzellen, welche in der Zahl von 6 den jungen Cambiumcylinder umlagern, können sich, im Querschnitte der Wurzel gesehen, in doppelter Weise theilen. Ist die Wurzel dazu bestimmt eine beträchtlichere Dicke zu erreichen, so wächst auch der junge Cambiumcylinder rasch an. Dadurch wird der Ring der 6 primären Rindenzellen auf einen grössern Durchmesser ausgedehnt, und in Folge dessen theilen sich dieselben, entweder alle oder nur die einen, durch radiale Längswände. In den dünnern Wurzeln unterbleibt diese Theilung.

Die Zahl der primären Rindenzellen, welche den Cambiumcylinder ringförmig umschliessen, beträgt somit schliesslich in den verschiedenen Wurzeln 6 bis 12. Dieselben theilen sich je durch eine tangentiale (mit der Oberfläche parallele) Längswand.

Der Querschnitt zeigt uns jetzt den Cambiumcylinder von zwei concentrischen Zellschichten umschlossen. Der innere Ring ist die Anlage für die Rinde, der äussere für die Epidermis. Die Zellen des äussern Ringes theilen sich in den meisten Fällen nicht mehr tangential. Die Epidermis bleibt einschichtig. Sie vermehrt ihre Zellenzahl bloss durch Wände, welche die Oberfläche rechtwinklig berühren, also durch radiale Längswände und durch Querwände.

Bei einigen Filices dagegen (Polypodium, Blechnum, Cystopteris) theilen sich die Zellen des äussern Ringes alsbald nach ihrer Entstehung durch eine tangentiale Wand in eine äussere und eine innere Zelle. Die Epidermis ist zweischichtig geworden; die Wurzel besitzt eine äussere und eine innere Epidermis. Beide bleiben fortwährend einander ähnlich; beide vermehren ihre Zellenzahl ziemlich in dem nämlichen Maasse [3]).

Der einfache Zellenring zwischen Epidermis und Cambiumcylinder, theilt seine Zellen zunächst durch eine tangentiale Wand, und zerfällt somit in zwei ringförmige Zellschichten. Aus der äussern entwickelt sich die äussere, aus der innern die innere Rinde. Jene kann im ausgewachsenen Zustande aus 1—5, diese aus 1—8 concentrischen Zellschichten bestehen.

3) Der Ausdruck Epidermis wurde hier in morphologischem Sinne genommen. In diesem Sinne nennen wir Epidermis die Zellschichte, welche in der Spitze der Wurzel (sowie des Stammes und des Blattes) nach Anlage des Cambiumcylinders (und Markes) von dem umgebenden Zellenringe nach aussen abgeschieden wird, und alles, was aus dieser Zellschichte hervorgeht. Die Epidermis wäre demnach allerdings meistens einschichtig, allein sie könnte auch zwei und mehrschichtig sein. — Passender indess und mit dem Sprachgebrauch übereinstimmender möchte wohl sein, immer bloss die äusserste Schicht Epidermis zu nennen und, wo eine oder mehrere Schichten hinzukommen, die den gleichen Ursprung haben, dieselben mit einem besondern Namen (etwa Endodermis) zu bezeichnen.

Diese beiden Rindentheile, die durch die Anlage scharf geschieden sind, geben sich auch in ihrem fernern Verhalten durch verschiedene Eigenthümlichkeiten als besondere Gebilde zu erkennen. So geschieht die Zellentheilung durch tangentiale Wände, wodurch die concentrischen Schichten vermehrt werden, in der äussern Rinde in centrifugaler, in der innern Rinde in centripetaler Folge, so dass also in jener die äussersten, in dieser die innersten Zellen die jüngsten sind. Die radialen Längswände dagegen, wodurch die Zellenzahl in einer concentrischen Schicht vermehrt wird, bilden sich in der ganzen Rinde von aussen nach innen, so dass in jüngern Stadien, wo die Zellen noch in radiale Reihen geordnet sind, diese Reihen sich nach aussen dichotomisch theilen.

Ein anderer Unterschied zwischen äusserer und innerer Rinde besteht ferner darin, dass die Zellen der erstern schon frühe ungeordnet erscheinen, indem namentlich die ursprünglich sichtbaren radialen Reihen gänzlich undeutlich werden, während die Zellen der innern Rinde noch längere Zeit eine regelmässige Anordnung in radiale Reihen und concentrische Ringe zeigen. In manchen Wurzeln ist dieser Gegensatz zeitlebens sichtbar.

Eine merkwürdige Verschiedenheit zeigt sich endlich darin, dass in der innern Rinde häufig intercellulare Luftgänge auftreten, welche der äussern Rinde immer mangeln. Diese Luftgänge sind, wie die Zellen selber, in radiale und concentrische Reihen geordnet, und vereinigen sich in den Wurzeln von Equisetum späterhin durch Zerreissen der Zellen. Die innersten Luftgänge befinden sich zwischen dem innersten und zweitinnersten Zellenring der innern Rinde, die äussersten zwischen dem äussersten Zellenring der innern und dem innersten der äussern Rinde. Die letztern vergrössern sich bei Marsilia stark und vereinigen sich mit den nächstfolgenden. Man beobachtet nun auf dem Querschnitt der Wurzel einen Kreis von grossen Luftgängen, welche mit

den äussersten Zellen der innern Rinde alterniren. Diese Zellen werden in radialer Richtung verlängert, und jede theilt sich in eine radiale Reihe von 2—4 Zellen, wobei die Scheidewände in centrifugaler Richtung sich folgen.

Diese Unterschiede zwischen äusserer und innerer Rinde gelten in aller Strenge für die Wurzeln von Equisetum und Marsilia, während die Wurzeln der Farne sich etwas abweichend verhalten. Zwar zeigen manche derselben an ausgewachsenen Wurzeln ebenfalls zwei verschiedene Rindentheile und es entsteht die ganze Rinde ebenfalls aus zwei ursprünglichen einfachen Zellenringen, von denen der äussere ein vorzugsweise centrifugales, der innere ein vorzugsweise centripetales Dickenwachsthum einleitet. Allein es ist nach unsern Beobachtungen nicht sicher, ob die Grenze der beiden Rindentheile im ausgewachsenen Zustande mit der Scheidewand, durch welche die primären Rindenzellen in zwei hintereinander liegende Zellen zerfielen, genau zusammentrifft.

Auch sind die Unterschiede zwischen den beiden ausgewachsenen Rindentheilen bei den Farnen anderer Art. Der innere besteht nämlich aus dickwandigen und langen, der äussere aus dünnwandigen und kurzen Zellen. Dabei ist der innere oft kleinmaschiger als der äussere, indem seine Zellen sich länger theilten. In beiden Beziehungen macht jedoch die innerste Zellschicht der innern Rinde eine Ausnahme, indem sie zartwandig und von den radialen Theilungen der übrigen Schichten verschont bleibt. Diese spätern radialen Theilungen in der innern Rinde folgen vorzugsweise in centrifugaler Richtung auf einander, im Gegensatz zu den frühern, welche centripetal verliefen.

Die Entwicklungsgeschichte des Cambiumcylinders zeigt uns bei den monopodial-verzweigten Wurzeln zwei Typen. Dem einen folgt Equisetum, dem andern die Filices und Marsilia. In der ersten Anlage besteht bei Allen, wie bereits gesagt wurde, der Cambiumcylinder auf dem Quer-

schnitte aus 6 Zellen, welche dem innern Theil der Sextanten entsprechen. Drei dieser 6 primären Cambiumzellen berühren sich im Mittelpunkt der Wurzel. Dieselben theilen sich bei Equisetum zunächst je durch eine tangentiale ziemlich halbirende Wand in eine innere und eine äussere Zelle, so dass der Querschnitt des Cambiumcylinders jetzt aus 9 Zellen, 3 inneren und 6 äusseren besteht. Jene theilen sich häufig nicht weiter; jedenfalls bleibt eine derselben immer ungetheilt. Dieselbe vergrössert sich rasch, und wird zum centralen weiten Gefäss, das man in allen ausgewachsenen Wurzeln (mit Ausnahme der allerdünnsten) beobachtet. In den 6 äussern Zellen beginnt ein Theilungsprocess, welcher vorzugsweise durch schiefe Wände vor sich geht und im Ganzen einen centrifugalen Charakter hat. In Folge dessen sind zuletzt die äussersten Zellen des Cambiumcylinders am kleinsten.

Bei den Filices und Marsilia theilen sich alle 6 primären Cambiumzellen gleichzeitig durch eine tangentiale Wand in zwei ungleiche Zellen. Die äussere von ziemlich schmal tafelförmiger Gestalt bildet die Anlage für ein eigenthümliches Gewebe, welches wir das Pericambium genannt haben, und welches das eigentliche Cambium als 1, 2 oder auch 3 schichtiger Mantel umhüllt. Die 6 primären Pericambiumzellen theilen sich auf dem Querschnitt der Wurzel zunächst ein- oder mehrmal durch radiale Wände, worauf tangentiale und radiale Wände abwechseln können. Die Pericambiumzellen der ausgewachsenen Wurzeln unterscheiden sich von den Zellen des eigentlichen Gefässcylinders durch ihre dünnen Wandungen und durch den schleimig-granulösen Inhalt. Auf dem Querschnitt übertreffen sie die Zellen des Gefässcylinders meistens beträchtlich an Grösse, während sie auf dem Längsschnitt durch ihre Kürze sich auffallend vor den angrenzenden Zellen der Rinde und des Gefässcylinders auszeichnen.

Das eigentliche, innerhalb des Pericambiums gelegene Cambium besteht anfänglich aus 6 Zellen, welche sich in ähnlicher Weise theilen wie die 6 primären Cambiumzellen bei Equisetum. Auch hier schreitet der Theilungsprocess, welcher, auf dem Querschnitt der Wurzel beobachtet, durch radiale, tangentiale und schiefe Wände stattfindet, vorzugsweise in centrifugaler Richtung fort. Wenn die Theilung aufgehört hat, sind die peripherischen Zellen bedeutend kleiner als die innersten.

Die Gefässbildung beginnt in allen monopodial-verzweigten Wurzeln in den äussersten Zellen des eigentlichen Cambiums. Bei Equisetum grenzen daher die ersten Gefässe unmittelbar an die innerste Rindenschicht, bei den Filices und Marsilia dagegen an das Pericambium. Diese ersten Gefässe, welche die „primordialen Stränge" darstellen, befinden sich meist auf zwei diametral gegenüber liegenden Punkten, zuweilen auf 3 gleichmässig über den Umfang vertheilten Punkten. Im letztern Falle beträgt der Abstand zwischen je zweien 120°. Es kommt auch vor, dass von den 3 Primordialsträngen einer ausfällt; die zwei übrigbleibenden sind dann so gestellt, dass die Abstände nahezu 120° und 240° betragen. Seltener treten die ersten Gefässe an 4 kreuzweis gestellten Punkten auf.

Die Gefässbildung, die je mit einem einzigen Gefäss beginnt, schreitet zuweilen zuerst nach rechts und links fort, so dass sich 2—5 tangential neben einander liegende Gefässe bilden. Nachher verläuft sie in centripetaler Richtung. Sie kann aber auch von dem ersten Gefäss aus sogleich sich nach dem Mittelpunkt wenden, wodurch sich eine einfache radiale Reihe von Gefässen bildet. Sie kann in dünnen Wurzeln mit dem ersten Gefäss schon zu Ende gehen, so dass die Primordialstränge nur je aus einem einzigen Gefäss bestehen. — Im Centrum des Gefässcylinders befinden sich 1 oder

mehrere weite Gefässe, welche erst spät verholzen. In den allerdünnsten Wurzeln mangeln sie.

Gleichzeitig mit dem ersten Sichtbarwerden der primordialen Vasalstränge treten zwischen denselben und in alternirender Stellung mit ihnen dickwandige kleinmaschige Zellgruppen auf. Sie gehören dem Bastkörper (Phloëm) des Gefässcylinders an, und grenzen ebenfalls entweder unmittelbar an die innere Rinde oder an das Pericambium. Die Ausbildung dieser Phloëmstränge geht ebenfalls von aussen nach innen.

Die morphologische Deutung der verschiedenen Elemente eines Gefässcylinders, d. h. ihre genetische Beziehung zu den ursprünglichen Zellen des Cambiumcylinders lässt sich nur an dünnen und sehr einfach gebauten Wurzeln ermitteln. Es ergiebt sich dabei als allgemeines Resultat, dass die Umbildung der Cambiumzellen in Gefässe und in Bastzellen nicht nach morphologischen sondern nach physiologischen Gesichtspunkten erfolgt.

Die physiologischen Ursachen bedingen eine gleichmässige Vertheilung über den Querschnitt, die morphologischen Ursachen dagegen würden Zellen, welche im Aufbau des Organs die gleiche Rolle spielen, ein analoges weiteres Verhalten zuweisen. Wenn drei primordiale Gefässgruppen und drei damit alternirende Phloëmstränge regelmässig über den Umfang des Cambiumcylinders vertheilt sind, so haben die gleichnamigen Gewebetheile auch die gleiche morphologische Bedeutung. Diese Fälle lassen daher die Frage unentschieden. Sind dagegen zwei opponirte oder vier ins Kreuz gestellte Primordialstränge vorhanden, so müssen sie morphologisch ungleichwerthig sein. Denn der Cambiumcylinder entsteht aus 3 grösseren Sextantenzellen, welche sich im Centrum berühren, und aus 3 kleineren Sextantenzellen, welche nicht bis zum Mittelpunkt reichen und die gewöhnlich mit den drei erstern regelmässig alterniren. Hat eine

Wurzel opponirte Gefässgruppen, so ist eine davon aus einem grössern, die andere aus einem kleineren Sextanten entstanden; und ebenso verhält es sich mit den damit ins Kreuz gestellten Baststrängen. In ganz dünnen Wurzeln, wo sich im Ganzen bloss zwei Gefässe ausbilden, die einander gegenüber liegen, lässt sich mit Bestimmtheit nachweisen, dass das eine davon einem ungetheilten kleinen Sextanten, das andere dagegen der äussern Hälfte eines einmal getheilten grössern Sextanten entspricht. In etwas dickern Wurzeln entstehen die beiden ersten oder einzigen Primordialgefässe aus Zellen späterer Generationen, die durch ein oder mehrmalige Theilung aus den genannten zwei Zellen (nämlich aus einer kleineren Sextantenzelle und der äusseren Tochterzelle einer grösseren Sextantenzelle) hervorgegangen sind.

Die gabeltheiligen Wurzeln (von Lycopodium, Selaginella, Isoëtes) unterscheiden sich, wie bereits angegeben wurde von den monopodial-verzweigten einmal dadurch, dass von der Scheitelzelle nicht nach 3, sondern nach 2 und vielleicht auch nach 4 Richtungen Segmente abgeschnitten werden. Ein anderer Unterschied besteht darin, dass in den gabeltheiligen Wurzeln die Segmente sehr rasch anwachsen und durch wiederholte Theilungen in sehr reichzellige Complexe sich umwandeln, ferner dass die Theilungen der Scheitelzelle sehr bald aufhören, indess die intercalaren Theilungen noch lange andauern und somit fast ausschliesslich das Längenwachsthum bedingen. Die natürliche Folge dieses Verhaltens ist, dass die Theilungsvorgänge in der Scheitelzelle und in den Segmenten nur mit der grössten Mühe und auch dann nur unvollständig und unsicher ermittelt werden können, obgleich die zwei- und vierzeilige Anordnung der Segmente für die Untersuchung viel günstiger wäre als die dreizeilige [4]).

4) Bei den monopodial-verzweigten Wurzeln dauert das Scheitel-

Gänzlich unklar sind uns die Theilungsvorgänge in den Segmenten und das Verhalten der spätern Gewebepartieen zu den Segmenten geblieben. Selbst bei Isoëtes, wo die Zustände etwas deutlicher sind, liess sich die Entwicklungsgeschichte mit vollkommener Sicherheit nur bis dahin zurückführen, wo Epidermis, äussere Rinde und innere Rinde je als eine einfache Schicht und der Cambiumcylinder als ungetheilte Zelle auftreten. Letzteres ist eine sehr bemerkenswerthe Thatsache. In den Wurzeln mit dreiseitiger Scheitelzelle besteht die erste Anlage des Cambiumcylinders aus 6, in einzelnen Fällen vielleicht auch bloss aus 3 Zellen, jedenfalls aber nicht aus weniger, da er von 3 Segmenten abstammt. Die einzellige Anlage des Cambiumcylinders bei Isoëtes beweist uns, dass er hier nur von einem Segment erzeugt wird. Die in zwei Zeilen befindlichen Segmente sind nämlich alternirend ungleich gross, so dass alle grösseren zusammen eine senkrechte Reihe bilden, ebenso die kleineren. Jene liegen auf der äussern (dem Schwesterzweige der Dichotomie abgekehrten) diese auf der innern (zugekehrten) Seite der Gabelzweige. Der Cambiumcylinder gehört der grössern Segmentreihe an.

Die Anordnung der Zellen in den jüngsten und ein-

---

wachsthum unbegrenzt; man findet an der Spitze derselben immer eine theilungsfähige Scheitelzelle. Ferner ist das Wachsthum der Scheitelzelle entweder demjenigen der Segmente an Intensität gleich oder wird nur wenig von demselben übertroffen; und mit dem Wachsthum hält die Theilung gleichen Schritt. Es ist daher die Scheitelzelle von einer beträchtlichen Zahl von Segmenten umgeben, welche von den ersten Anfängen aus allmählich an Grösse zunehmen und dem entsprechend auch stufenweise mehr Wände zeigen. Dadurch sind Scheitelzelle und Segmente immer leicht kenntlich und das Studium der Entwicklungsgeschichte findet in jeder Wurzelspitze die nöthigen Anhaltspunkte, um zu entscheiden, wie die spätern Stadien aus den frühern hervorgehen.

fachsten Wurzeln spricht dafür, dass ein grösseres Segment, das im Querschnitt der Wurzel halbkreisförmig erscheint, sich zunächst in drei Zellen theile, von denen die beiden seitlichen eine dreieckige, kreisausschnittähnliche Gestalt haben, die mittlere, das Centrum berührende Zelle aber von viereckiger Form ist. Die letztere theilt sich durch eine tangentiale Wand in eine äussere und eine innere Zelle, von denen die letztere die Anlage des Cambiumcylinders ist. Ganz auf die nämliche Weise scheint sich das kleinere Segment in 3 Zellen zu theilen, so dass der Cambiumcylinder von 6 Zellen umschlossen wird. Gemäss seiner Entstehungsweise ist er anfänglich viereckig, später wird er sechseckig.

Nach der Anordnung der Zellen ist es ferner sehr wahrscheinlich, dass die 6 den Cambiumcylinder ursprünglich umgebenden Zellen zunächst in eine äussere und in eine innere Zellschicht zerfallen. Jene wird zur Epidermis, diese theilt sich abermals concentrisch und bildet dadurch die einschichtigen Anlagen der äussern und innern Rinde. Durch weitere tangentiale Theilungen verwandeln sich diese einschichtigen Anlagen jede in mehrere Zellschichten, wobei der Zellenbildungsprozess in der innern Rinde deutlich einen centripetalen Verlauf hat.

Entsprechend der Thatsache, dass der Querschnitt aus zwei ungleichen Segmenten entsteht, zeigt er auch fortwährend eine ungleichseitige Ausbildung. Namentlich wächst die innere Rinde auf der Seite des stärkeren Segments viel lebhafter als auf der gegenüberliegenden. Schon sehr früh bilden sich in der innern Rinde luftführende Intercellularräume, und zwar in centripetaler Folge. Dieselben vereinigen sich dann in radialer Richtung, und später verwandeln sie sich in der stärkeren Hälfte der Wurzel durch Zerreissen der Zellen zu einer einzigen grossen Luftlücke, die sich durch starkes Flächenwachsthum der äussern Rinde bedeutend aus-

dehnt. In dieser grossen Höhlung ist der Gefässcylinder auf der einen Seite wandständig.

In den Wurzeln von Lycopodium beobachtet man hinter der Scheitelzelle ein ziemlich grossmaschiges Meristem, welches durch ungleiche Theilungen in den kleinzelligen Cambiumcylinder und die grösserzellige Rinde zerfällt. Doch ist keine deutliche Grenze zwischen den beiden Geweben erkennbar. Der Zellenbildungsprozess in der Rinde hört, auf dem Querschnitt gesehen, von aussen nach innen auf; die tangentialen und radial-senkrechten Theilungen dauern in dem innern Theil länger an und erzeugen eine kleinmaschige innere Rinde. Die Quertheilungen dagegen treten in der äussern Rinde häufiger ein, so dass auf Längsschnitten ihre Zellen auch viel kürzer sind als die engen prosenchymatischen Zellen der innern Rinde.

Später beginnt in der Rinde ein Verdickungsprozess der Zellwandungen, welcher die 2 oder 3 innersten Schichten unberührt lässt, von hier aus in centrifugaler Richtung fortschreitet und allmählich die ganze Rinde ergreift. Doch verdicken sich die Membranen der innern Rinde viel stärker als die der äussern. Zuletzt löst sich die äussere Rinde von der innern durch Zerreissung der Zellen los; und ebenso trennt sich die innere Rinde von dem Gefässcylinder, indem ihre unverdickt gebliebenen 2—3 innersten Zellschichten zerrissen werden.

Der Cambiumcylinder hat in den Wurzeln von Lycopodium eine bedeutende Mächtigkeit. Am Umfange desselben sondern sich mehrere (z. B. 6—8) gleichmässig vertheilte, hellere Stellen aus, welche sich centripetal zu Radien verlängern und in der Mitte sich in verschiedener Weise vereinigen. Sie bestehen aus wasserhellen nicht mehr theilungsfähigen Zellen, indess die seitwärts gelegenen mit trübem Inhalte gefüllten Cambiumzellen sich noch theilen. Am äussern Rande jeder dieser hellen Stellen beginnt in der

Mitte die Gefässbildung, welche zuerst tangential nach rechts und nach links, nachher in centripetaler Richtung fortschreitet. Es bildet sich also zunächst eine Querreihe von 8—12 Gefässen, auf welche dann in unmittelbarer Berührung eine zweite und dritte folgen kann. Dann entstehen, indem der Verholzungsprocess nach innen fortschreitet, abwechselnd Holzzellen und Gefässe.

Gleichzeitig mit dem ersten Sichtbarwerden der primordialen Gefässgruppen beobachtet man alternirend mit denselben und nur sehr wenig weiter einwärts gelegene Gruppen von kleinen, dickwandigen Zellen, welche als Bastzellen zu bezeichnen sind. Auch dieser Verholzungsprozess schreitet nach dem Centrum hin fort und bildet somit, abwechselnd mit den Xylemstrahlen, eben so viele Phloëmstrahlen. Wenn derselbe schon ziemlich weit vorgerückt ist, so beginnt die Verholzung auch an der Aussenseite der Phloëmstrahlen; sie geht hier nach aussen und nach beiden Seiten und bedeckt auch die primordialen Vasalgruppen mit einer oder zwei Schichten von dickwandigen Zellen.

In den Wurzeln von Selaginella und Isoëtes beginnt die Gefässbildung nur an einem einzigen Punkte, welcher an der Peripherie des Cambiumcylinders oder innerhalb derselben gelegen ist, und geht von da nach dem Mittelpunkt. Der primordiale Vasalstrang liegt in den Gabelzweigen auf der innern (dem Schwesterzweige zugekehrten) Seite. In den Wurzeln von Isoëtes ist also die Stelle, wo die Gefässbildung anhebt, dem kleinern Segment zugekehrt; sie bewegt sich gegen das grössere Segment.

Ein dritter allgemeiner Gegenstand unserer Beobachtungen betraf die Entstehung der Wurzeln bei den Gefässcryptogamen. Da die Anlegung derselben innerhalb des Stengels für die Untersuchung allzugrosse Schwierigkeiten und überdem eine äusserst geringe Aussicht auf Erfolg darbot, so wurde dieser Weg bald verlassen und wir beschränkten uns auf die Erforschung der Art und Weise, wie die Wurzeln zweiter und späterer Ordnungen innerhalb der Wurzeln selber angelegt werden.

In dieser Beziehung treffen wir bei den Gefässcryptogamen wieder zwei ganz verschiedene Typen. Dieselben trennen die nämlichen zwei Gruppen, welche auch schon durch ein verschiedenes Scheitelwachsthum charakterisirt wurden, nämlich die monopodial-verzweigten und die gabelig-getheilten. Ich will zuerst von jenen sprechen.

Bei allen monopodial-verzweigten Wurzeln (Equisetum Polypodiaceen, Marsilia), und nur bei diesen, entstehen die Seitenwurzeln der Länge nach an einer Hauptwurzel, und zwar am Umfange des Gefässcylinders, wo sie genau den primordialen Vasalsträngen entsprechen. Da diese meist opponirt, seltener zu drei oder vier vorhanden sind, so finden wir auch meist zwei, seltener drei oder vier Zeilen von Seitenwurzeln.

Was nun die Zellen betrifft, welche die Wurzelanlagen bilden, so gehören sie nicht etwa, wie man erwarten möchte, dem Cambiumcylinder, sondern der innersten Rindenschicht an. Die Wurzelanlagen stossen also bei Equisetum unmittelbar an das primordiale Gefäss an; bei den Filices und bei Marsilia sind sie von demselben durch das ein- oder mehrschichtige Pericambium getrennt.

Die Wurzelanlagen treten meist in grosser Menge und sehr frühe auf, nämlich schon zu einer Zeit, wo die Gefässe noch nicht vorhanden sind. Sie reichen also bis nahe an den Scheitel der Mutterwurzel. Die Entstehungsfolge in jeder

Zeile ist eine streng akropetale, d. h. die jüngste Anlage befindet sich immer zunächst dem Scheitel; zwischen schon vorhandenen Anlagen bilden sich keine neuen. Die Wurzelverzweigung folgt also in dieser Beziehung dem Beispiel der Blattbildung. Adventive Wurzelverzweigungen giebt es bei den monopodial-verzweigten Wurzeln der Gefässcryptogamen nicht.

Alle einer Zeile angehörigen Wurzelanlagen entstehen aus einer Längsreihe von innersten Rindenzellen, nämlich aus derjenigen, welche vor dem primordialen Gefäss liegt. Diese wurzelbildenden Längsreihen sind zuweilen ausgezeichnet, so dass man sie auf dem Querschnitte erkennt, auch wenn sie daselbst keine Anlagen erzeugen. Bei den einen Pflanzen nämlich sind sie deutlich grösser als die übrigen Zellen der gleichen concentrischen Schicht. Bei andern, wo die innere Rinde eine kleinzellige Scheide mit verdickten Zellwandungen bildet, sind alle auf dem gleichen Radius mit den Primordialsträngen befindlichen innern Rindenzellen weit und dünnwandig und zeigen somit deutlich die Zellen an, aus denen Wurzelanlagen hervorgehen können. Diese wurzelbildenden Zellen entsprechen sehr häufig einem der ursprünglichen Sextanten, indem z. B. zwei gegenüberstehende Sextanten in der innersten Rindenschicht radial ungetheilt bleiben, während die andern daselbst sich radial theilen und 2 oder 3 nebeneinander liegende Zellen erzeugen.

Die wurzelbildenden Zellenreihen zeichnen sich auf dem Längsschnitt zuweilen vor den übrigen Zellen der innern Rinde durch die Kürze ihrer Glieder aus. Ist die Zelle, aus welcher eine Wurzelanlage entstehen soll, nicht schon vorher ziemlich isodiametrisch, so treten zuerst einige Quertheilungen ein, so dass die Breite und Dicke der Länge ungefähr gleich kommen. Ist ferner die Zelle klein, so vergrössert sie sich zunächst rasch nach allen Seiten. Darauf beginnen in der hinreichend grossen und ziemlich isodiame-

trischen Zelle die schiefen Theilungen, deren Wände nach der Achse der Mutterwurzel convergiren, nach der Peripherie auseinander weichen.

Die erste schiefe Wand in der Wurzelanlage, also diejenige, durch welche das erste Segment abgeschnitten wird, ist grundwärts gelegen (dem Scheitel der Mutterwurzel abgekehrt); die zweite und dritte liegen rechts und links. Damit ist die Scheitelzelle der Wurzelanlage dreieckig geworden; eine Ecke des Dreieckes schaut nach dem Scheitel, eine Seite nach der Basis der Mutterwurzel. Das erste Segment liegt quer, das zweite und dritte schief zur Achse der Mutterwurzel.

Nachdem durch die drei ersten schiefen Theilungen die Scheitelzelle der jungen Wurzel die Gestalt einer dreiseitigen Pyramide, die sie später immer behält, erlangt hat, theilt sie sich durch eine Querwand und bildet somit die erste Kappe der Wurzelhaube. Von hier an verfolgt das Scheitelwachsthum seinen regelmässigen Gang.

Die Theilung der Segmente geschieht ebenfalls von Anfang an nach der Norm, die späterhin eingehalten wird. So theilt sich jedes Segment in zwei Sextanten, und der Cambiumcylinder, welcher aus den innersten Theilen der Sextanten gebildet wird, ist von Anfang an sechseckig. Dieses Sechseck kehrt, entsprechend seinem Ursprung, eine Ecke dem Grunde und die gegenüberstehende dem Scheitel der Mutterwurzel zu. Eine Ausnahme hievon machen die Wurzeln von Equisetum, wo der sechsseitige Cambiumcylinder am Grunde einer Seitenwurzel um 30° gedreht ist, so dass zwei opponirte Seiten desselben die eine grundwärts, die andere scheitelwärts liegen.

Wenn zwei primordiale Gefässgruppen in der jungen Wurzel entstehen, was der gewöhnliche Fall ist, so liegen sie bezüglich der Achse der Mutterwurzel rechts und links. Sie befinden sich also jeder vor einer Seitenwand des sechseckigen

Cambiumcylinders und sie sind aus den zwei Segmentreihen entsprungen, welche schief zur Mutterwurzel gerichtet sind und der das zweite und dritte Segment angehören, während diejenige Segmentreihe, welche zur Achse der Mutterwurzel rechtwinklig gestellt ist und das erste Segment enthält, keine Gefässe erzeugt. Bei Equisetum befinden sich die zwei primordialen Gefässe in den zwei rechts und links liegenden Ecken des Cambiumcylinders.

Wenn das Pericambium mangelt, so berühren die Gefässe der jungen Wurzel unmittelbar diejenigen der Mutterwurzel (so bei Equisetum). Ist ein Pericambium vorhanden, so verwandeln sich einige Zellen desselben in kurze Gefässzellen, welche die Verbindung vermitteln.

Indem die junge Wurzel in die Länge wächst, drückt sie die ausserhalb gelegenen Rindenzellen zusammen. Nur die zunächst liegende Rindenschichte folgt zuerst dem gegegebenen Anstoss; sie stülpt sich nach aussen und vermehrt dabei durch radiale Theilung ihre Zellenzahl. Später aber wird sie ebenfalls zusammengedrückt und sammt den übrigen Zellschichten durchbrochen.

Vergleichen wir nun mit der Verzweigung der monopodialen, diejenige der gabeligen Wurzeln (von Lycopodium, Selaginella, Isoëtes). Leider treffen wir bei den letztern auf die nämlichen, scheinbar fast unüberwindlichen Schwierigkeiten, mit denen die Erforschung der Entwicklungsgeschichte bei ihnen überhaupt zu kämpfen hat. Die Vorgänge in der Scheitelregion konnten trotz der zahlreichen und gelungenen Präparate nicht klar zur Anschauung gebracht werden. Die Ursache davon liegt theils in dem undeutlichen Gewebe, theils vorzugsweise in der unmittelbar in der Scheitelregion rasch sich wiederholenden Verzweigung, so dass man sowohl auf Querschnitten als auch auf Längsschnitten die Wurzelanlagen und ihre Mutterstrahlen, nach denen sie beurtheilt werden müssen, entweder

beide zusammen oder doch die einen in schiefer Stellung vor sich hat, so dass die Anordnung der Zellen nicht enträthselt werden kann.

Die gabelig-getheilten Wurzeln stimmen mit den monopodial-verzweigten darin überein, dass die Wurzelanlagen in streng basifugaler Richtung entstehen, dass somit grundwärts von einer schon vorhandenen Verzweigung sich keine neue Verzweigung mehr bildet. Die Verschiedenheit aber beruht darin, dass bei den monopodial-getheilten Wurzeln die Anlagen immer in einer gewissen, wenn auch geringen Entfernung vom Scheitel auftreten und unter einander selbst durch merkliche Abstände getrennt sind, während sie bei den gabeligen Wurzeln in der Scheitelregion selbst zusammengedrängt, sozusagen zusammen geknäuelt sind.

Dieser Differenz entspricht ein in morphologischer Beziehung ungleicher Ursprung. Bei den monopodial-verzweigten Wurzeln bilden sich die Verzweigungsanlagen im Innern des Wurzelkörpers, nämlich aus den innersten Zellen der in allen Schichten angelegten Rinde. Bei den gabelig-getheilten Wurzeln entstehen sie in der Scheitelzelle selbst oder in den noch ungetheilten Segmenten. Sie befinden sich desshalb an der Oberfläche des Wurzelkörpers, bloss von dessen Wurzelhaube bedeckt.

Von dieser verschiedenen Entstehungsweise wird ein ungleicher Verzweigungscharakter bedingt. Bei den monopodial-getheilten Wurzeln stehen die Seitenwurzeln in 2 oder 3 (4) Längsreihen vor den primordialen Vasalsträngen. Bei den dichotomen Wurzeln findet meistens wirkliche Gabelung statt. Zuweilen indess haben die Wurzelverzweigungen stellenweise ein monopodiales Ansehen, aber dann stehen die Zweige nicht in Zeilen, die den Primordialsträngen entsprechen, sondern ohne Rücksicht auf die letztern in alternirenden (kreuzweise gestellten) Paaren oder einzeln mit der Divergenz $^1/_4$. Da nun die Wurzeln von

Lycopodium, Selaginella und Isoëtes entweder durchaus oder wenigstens in gewissen Regionen gegabelt sind und da ihr zuweilen und theilweise auftretendes monopodiales Aussehen möglicher Weise auf einem sympodialen Aufbau beruht, so glaubten wir, dass sie doch mit Recht als dichotome gegenüber dem wirklichen Monopodium mit vollkommener Abwesenheit von Gabelung bei Equisetum, Marsilia und den Filices bezeichnet werden können.

Da wir im Unklaren blieben, ob die Verzweigungsanlagen bei den gabeligen Wurzeln in der Scheitelzelle selbst oder in den Segmenten gebildet werden, so war es selbstverständlich auch unmöglich zu bestimmen, ob die beiden Gabelzweige in ihrem Ursprunge gleichwerthig seien oder nicht, ob also die Dichotomie in genetischer Beziehung eine ächte oder eine falsche sei. Wir haben nämlich die drei Möglichkeiten, a) dass die Anlagen der beiden Gabelzweige aus der Scheitelzelle, b) aus den beiden gegenüber liegenden letzten Segmenten entstehen und c) dass der eine Gabelzweig die Fortsetzung des frühern Strahls, der andere dagegen eine Neubildung aus einem Segment sei. Die beiden ersten Entstehungsweisen würden die wahre, die letztere die falsche Dichotomie anzeigen.

Bei Lycopodium kommen an den nämlichen Wurzeln dichotome und monopodiale Verzweigungen vor. Da es nun im höchsten Grade wahrscheinlich ist, dass sie alle genetisch gleich seien, so ist damit der Ursprung in der Scheitelzelle ausgeschlossen. An den Monopodien entstehen alle Zweiganlagen aus den Segmenten, welche entsprechend der vierzeiligen Zweigstellung wahrscheinlich ebenfalls in 4 Zeilen stehen, und von den beiden Gabelzweigen wird entweder nur einer oder beide (im letztern Falle mit Unterdrückung der Scheitelzelle) in den letzten Segmenten angelegt.

Für Isoëtes bieten sich zwei Möglichkeiten dar. Entweder sind die Scheitelzellen, wie es die Querschnitte durch

die Wurzelspitzen oft zu zeigen scheinen, zweischneidig. Dann müssen, wegen der Stellung der Segmente in den Gabelzweigen und wegen der kreuzweisen Stellung der auf einander folgenden Dichotomieen, die Anlagen der Gabeläste in der Scheitelzelle gebildet werden, und es muss die Theilungsrichtung der Scheitelzelle in den auf einander folgenden Verzweigungsordnungen je um 90° wechseln. — Oder die Scheitelzelle hat (wie es auch für Lycopodium wahrscheinlich ist) eine vierseitige Gestalt und die Segmente liegen in vier Zeilen. Dann können die Gabelzweige aus den Segmenten entstehen, wobei wahrscheinlich von jedem Zweig nur vier Segmente gebildet werden, wovon die zwei letzten die Verzweigungsanlagen bilden. Denn bei allen dichotomen Wurzeln folgen die Verzweigungen in der Scheitelregion so dicht auf einander und das intercalare Wachsthum hat so sehr, gegenüber dem Scheitelwachsthum, die Oberhand, dass sehr wahrscheinlich in jedem Falle das Gewebe eines Gabelzweiges aus nicht mehr als einem einzigen Segmentumlauf hervorgeht.

---

33. Die Piloselloiden als Gattungssektion und ihre systematischen Merkmale.

(Vorgetragen den 12. Januar 1867.)

Die europäischen Hieracien zerfallen in zwei natürliche Gruppen, die Piloselloiden und die eigentlichen Hieracien (Archieracium Fries). Die Arten dieser beiden Gruppen wurden schon vor Linné als generisch verschieden betrachtet, ihres verschiedenen Habitus wegen; aber sie wurden mit Arten anderer Gattungen zusammengestellt. So hat Fuchs (1542) als eine Art von Pilosella unser Hieracium Pilosella und als eine zweite Art unser Gnaphalium dioicum. Vaillant (1721) stellte die Gattung Pilosella für Hieracium Pilosella und andere einköpfige Crepideen auf.

Bei Linné (z. B. Spec. plant. Ed. 2) sind die Piloselloiden mit den Archieracien generisch vereinigt; aber sie sind selber noch mit Arten von Leontodon und Crepis vermengt. Haller (1768) und Allioni (1785) gehen in Beziehung auf die systematische Gruppirung der Arten nicht über Linné hinaus.

Villars, welcher zuerst ein richtiges Gefühl für die Verschiedenheit der variabeln und schwer fassbaren Hieracienformen bekundete, ist auch der erste, welcher die Piloselloiden als besondere Gruppe rein ausgeschieden hat. Die Charakterisirung lässt zwar noch beinahe Alles zu wünschen übrig. Er diagnostizirt sie in seiner Histoire des plantes de Dauphiné (1789) als II. Race durch die Merkmale: „Tiges nues, une ou plusieurs fleurs plus petites, feuilles blanchâtres et entières“.

Diese richtige systematische Auffassung ging bei den Nachfolgern von Villars wieder verloren. So ist in der Flore francaise von de Lamarck und de Candolle (1805)

Hieracium aurantiacum mit Arten von Crepis und von Archieracium in eine Gruppe (Faux-liondents) vereinigt, während die übrigen Piloselloiden mit einigen Archieracien zusammen eine andere Gruppe (Piloselles) bilden. Diese Zusammenstellung wurde auch noch in dem Botanicon gallicum von Duby (1828) beibehalten.

Andere Autoren derselben Zeit folgten den Spuren Linné's; so Willdenow, Enum. pl. h. Berol. (1809) und in Suppl. (1813); ferner Marschall-Bieberstein, Flora taurico-caucas. (1808 und 1819); Besser Primitiae fl. Galiciae (1809); Suter Flora helvetica (1802) und Andere.

Erst Tausch (in der Flora 1828) stellte die Gruppe der Piloselloiden wieder rein her, und gab zugleich der erste eine wirkliche Begründung für dieselbe, sowie auch für das Genus Hieracium gegenüber den verwandten Crepideen, welches bei ihm zum ersten Mal unvermischt erscheint. Er theilt dasselbe in die beiden Rotten Pilosella und Aurella. Die Arten der ersten Rotte sind nach ihm meist stolonos, mit einem Blüthenschaft, mit kleineren Blüthen und mit am Rande gezähnten etwas rauhen Samen, während die stolonenlösen und grossblüthigen Arten der zweiten Rotte mehr gezähnte Blätter und einen ganzen Samenrand haben.

Von diesem Zeitpunkt an sind die Piloselloiden bei allen bessern Autoren als besondere Gruppe zusammengefasst. Nur wenige Bearbeitungen sind auf dem Standpunkt Linné's zurückgeblieben, so Hooker in British Flora (1835) und selbst noch Bertoloni in Flora italica (1850). Aber rücksichtlich der Diagnostik der Piloselloiden herrscht bei den Autotoren Unsicherheit und Ungleichheit. Eine Erscheinung, die sich überall bei den Hieracien, sowohl bei den einzelnen Formen als bei Formengruppen zeigt, macht sich auch bei der Piloselloiden-Gruppe geltend, nämlich die, dass man eine systematische Einheit (Varietät, Species, Gattungssektion) als solche erkennt, lange bevor man die richtigen Unter-

scheidungsmerkmale für dieselbe findet und sich darüber verständigt.

Nicht der geringste Grund für die Zerfahrenheit in der Diagnostik der Hieracien ist der, dass man nicht strenge genug, oft auch gar nicht zwischen relativen und absoluten, zwischen wirklichen und potentialen Merkmalen[1]), zwischen Differentialcharakter und Umgrenzung des Formenkreises unterscheidet, wie es doch die einfachste Logik fordert. Dagegen hat sich sehr häufig ein Begriff geltend gemacht, der, wenn richtig gefasst, wenigstens bei den Hieracien als unverfänglich und naturgemäss nicht beanstandet werden kann, der aber in seinen Ausschreitungen alle möglichen diagnostischen Sünden verdeckt, ich meine den Begriff der typischen Merkmale.

Die typische Form und das typische Merkmal finden ihre unbestreitbare Anwendung, wo eine Formenreihe eine allmähliche Abstufung zeigt, und wo man genöthigt ist, aus einer solchen continuirlichen Reihe gleichsam willkürlich einige Stufen zur Orientirung herauszugreifen. Die Anwendung der Typen setzt die Transmutation der systematischen Einheiten voraus. — In diesem Sinne wurden sie aber am seltensten verstanden. Meistens drücken sie eine subjektive Vorstellung mit mehr oder weniger naturphilosophischem Hintergrunde aus, ohne der Forderung irgendwelcher exacten Methode zu genügen. Desswegen sind die Hieracien-Diagnosen oft schwer verständlich, und man ist nicht selten überrascht, wenn man die Wirklichkeit selbst in Original-Exemplaren mit einer Beschreibung vergleicht und so wenig Uebereinstimmung zwischen beiden findet. Diess rührt daher,

---

1) Ich verweise auf einige Bemerkungen hierüber in der letzten Mittheilung (vom 15. Dec.) über die Innovation bei den Hieracien.

weil der Autor uns nicht ein objektives Bild, sondern die subjektive Vorstellung giebt, die er sich von dem Typus der Form gemacht hat.

In der folgenden Besprechung der Merkmale beschränke ich mich auf die Vergleichung der europäischen Piloselloiden mit den Archieracien. Zu den letztern zähle ich alle Arten der Aurellen, Pulmonareen und Accipitrinen mit Ausschluss von H. staticifolium Vill., welches von Grisebach (1853) und von Fries (1862) mit Recht von den Archieracien, sei es als Gattung, sei es als Sektion, getrennt wurde. Ich beginne mit den vegetativen Organen und gehe dann zur Blüthe und Frucht.

Es wurde bereits erwähnt, dass die Stolonenbildung als ein den Piloselloiden ausschliesslich angehöriges Merkmal schon von Tausch hervorgehoben wurde. Er sagt von ihnen: „Herbae saepissime stoloniferae aut multicaules", während die Archieracien „Herbae astoloniferae" genannt werden. In gleichem Sinne wurde dieses Merkmal von den meisten späteren Autoren angewendet. Da ich in den letzten Mittheilungen weitläufiger über diesen Punkt gesprochen, so wiederhole ich hier bloss, dass manche Piloselloiden, aber nicht alle, die Fähigkeit besitzen, Ausläufer zu treiben, während dieses Vermögen den Archieracien mangelt. Die Anwesenheit von wirklichen Stolonen zeigt uns also eine Piloselloiden-Art an, während wirklicher und potentialer Mangel nichts entscheidet.

Unter den vegetativen Merkmalen verdient vorzüglich noch die Form der Blätter Erwähnung. Schon Villars legte Gewicht auf die „feuilles entières" der Piloselloiden. Wir können sie folgendermassen charakterisiren: Blätter meist schmal, immer allmählich in den Blattstiel verschmälert,

ungetheilt, ganzrandig oder mit entfernten winzigen stumpfen Zähnen. — Solche Blätter kommen zwar auch bei den Archieracien vor; aber der Formenkreis des Laubblattes ist hier viel grösser. Eine Pflanze mit an der Basis abgerundeten oder herzförmigen Blättern, mit grob- oder scharfgezähntem Blattrande, mit gelappter Spreite gehört nicht zu den Piloselloiden.

Ein weniger brauchbarer Charakter ist jedenfalls die „tige nue“ von Villars oder der „caulis scapiformis“ von Gaudin, Tausch, Monnier, Koch und Andern. Allerdings ist der aus einer bewurzelten Rosette entspringende sog. primäre Stengel entweder durchaus oder wenigstens in der obern Hälfte schaftartig, während die Stengel der Archieracien bald schaftartig, bald bis zum Blüthenstand beblättert sind. Aber die aufsteigenden Stolonen der Piloselloiden können ebenfalls ganz mit Laubblättern besetzt sein.

Die übrigen vegetativen Merkmale, die von den frühern Autoren gebraucht wurden, sind sur Unterscheidung ungeeignet. Monnier sagt von den Piloselloiden „herbae glaucescentes“; allein bekanntlich giebt es Arten mit grasgrüner Farbe unter ihnen. Der nämliche Autor führt die „pili saepissime stellati“ und Gaudin sowie Koch die „pili strigosi“ oder „pili setiformes“ als Charakter an; aber es giebt Formen ohne die eine oder andere dieser beiden Behaarungen. Farbe und Indumént können in keiner Weise zur Unterscheidung benutzt werden, da sie bei den Piloselloiden und Archieracien in gleicher Weise variiren; sie dienen höchstens dazu, den Formenkreis der beiden Gruppen zu illustriren, da die verschiedenen Modificationen bei denselben in ungleicher Häufigkeit auftreten.

Es sind demnach die wahren Unterscheidungsmerkmale in der Blüthenregion zu suchen. Auch in dieser Beziehung wurden brauchbare und unbrauchbare Charaktere vorgeschlagen. Villars hat in der Diagnose der Piloselloiden die „fleurs

plus petites", d. h. kleinere Köpfe, welche auch von Tausch sowie von Fr. W. und C. H. Schultz-Bipontinus wieder erwähnt werden. Damit verhält es sich wie mit der Färbung und der Behaarung. Es giebt Archieracien mit eben so kleinen Köpfen wie die kleinsten unter den Piloselloiden. Wir können von den beiden Gruppen bloss so viel sagen, dass bei der letztern die kleinen, bei der erstern die grossen Köpfe häufiger vorkommen.

In die nämliche Kategorie gehört das von Monnier für die Piloselloiden gebrauchte Merkmal „periclinium glanduloso-pilosum"; denn es giebt Arten dieser Gruppe, welche keine Drüsen, und viele Archieracien, welche Drüsen am Involucrum haben. — Brauchbarer scheint die andere von Monnier erwähnte Eigenschaft „periclinium maturitate reflexum", denn alle Piloselloiden stimmen nach seinem Zeugniss hierin überein, während bei den Archieracien die Involucralschuppen oft sich nicht zurückschlagen.

Fries giebt rücksichtlich des Involucrum einen andern Unterschied an. Er sagt von den Piloselloiden „Involucrum irregulariter imbricatum", während die Gruppen von Archieracium erstlich durch „Involucri squamae in plures series contiguas dispositae" (Aurella), ferner durch „Involucrum interruptum, squamae exteriores irregulariter imbricatae" (Pulmonarea), endlich durch „Involucrum vulgo spiraliter multiseriale" (Accipitrina) diagnostizirt sind. — Ich muss gestehen, dass es mir unmöglich ist, diese Unterschiede in der Natur zu erkennen. Meine Beobachtungen ergeben folgendes Resultat. Die Involucralschuppen stehen, wie es die Gesetze der Blattstellung verlangen, in einer regelmässigen Spirale, und ordnen sich demnach in schiefe nach rechts und nach links ansteigende Reihen. Sie nehmen aber von aussen nach innen an Länge zu, zuletzt wieder ab, und dadurch wird die regelmässige Anordnung scheinbar mehr oder weniger gestört. Die Störung ist um so geringer,

je zahlreicher die Schuppen sind, weil mit der grössern Zahl auch die Zu- und Abnahme in der Länge mehr allmählich eintritt. Nun variiren aber diese Verhältnisse oft bei der nämlichen Pflanzenart, und ich finde unter den verschiedenen Formen der Species Hieracium Pilosella Lin. (in der Ausdehnung von Fries und Koch genommen,) Pflanzen, welche sich in der Anordnung der Involucralschuppen nicht von manchen Aurellen, andere die sich nicht von Pulmonareen und noch andere, die sich nicht von Accipitrinen unterscheiden lassen.

Die Beschaffenheit des Blüthenbodens wurde zuerst wohl von Hegetschweiler in den Diagnosen der Gattungs-Sectionen erwähnt, und von Grisebach zur Diognostik aller Sectionen verwendet. In Ermangelung eigener hinreichender Beobachtungen folge ich dem letztgenannten genauen Beobachter. Die Piloselloiden haben alle ein „receptaculum glabrum", während von 8 Gruppen der Archieracien zwei durch „alveoli receptaculi ciliati", die übrigen sechs durch „alveoli receptaculi glabri" charakterisirt sind.

Mit Recht wurde von Fr. W. und C. H. Schultz, die Blüthenfarbe in die Diagnose aufgenommen. Die Archieracien haben nur gelbe Blumenkronen, während bei den Piloselloiden ausser den gelben auch rothe, rothgelbe und rothgestreifte vorkommen. Es kann also in einzelnen Fällen daraus ohne Weiteres eine Piloselloide erkannt werden.

Ebenfalls von Fr. W. und C. H. Schultz wurde der Mangel der Behaarung an der Spitze der Blumenkronen bei den Piloselloiden hervorgehoben „floribus apice glabris", während die Archieracien bald kahle, bald behaarte Blumenkronspitzen haben.

Es bleiben noch die Merkmale der Frucht übrig, auf welche, da auch die übrigen Merkmale der Blüthenregion, wie wir eben gesehen, keine absolute Geltung haben, von den Beobachtern besondere Sorgfalt verwendet wurde. Sie beziehen sich auf die Grösse der Frucht, auf den Bau

der Federkrone, auf Farbe, Gestalt und Berippung der Frucht und auf die Beschaffenheit des Fruchtrandes.

Die Kleinheit der Piloselloiden-Früchte wurde besonders von Fries betont, welcher sie „achaenia minima" nennt, und beifügt: „Achaeniis minimis certissime diagnoscuntur" (Symbolae 1848). Im Gegensatze dazu heissen die Früchte der Aurellen: „Achaenia inter affinia maxima", diejenigen der Pulmonaren: „Achaenia priorum vulgo breviora, sed Pilosellarum conspicue majora", und diejenigen der Accipitrinen „Achaenia mediocria". — Andere folgten diesem Beispiel. Grenier (1850) giebt den Piloselloiden „Akènes petits (2 millimètres)", den Aurellen „Akènes plus grands (4 millimètres) und den Pulmonareen nebst den Accipitrinen „Akènes un peu plus courts" (que ceux de la section précédente). Genauer wurden die Maasse von Grisebach (1853) angegeben; die Früchte der Piloselloiden sind nämlich $^3/_4 - 1'''$, diejenigen der Archieracien $1 - 2'''$ lang. Damit war auch der Werth dieses Merkmals bestimmt; es hat bloss relative Geltung, und ist nicht im Stande gewisse Arten der einen und andern Gruppe unterscheiden zu lassen. Fries sagt zwar (Epicrisis 1862) im Gegensatz hiezu in der Diagnose der Piloselloiden „Achaenia minima" und in derjenigen der Archieracien „Achaenia priorum duplo saltim majora". Aber diese Angabe steht allzusehr im Widerspruch mit der Natur und auch mit der eigenen Aussage von Fries in der Einleitung zu den Symbolae, wo er die Grösse der Früchte einen „character nimis relativus" nennt. Näher kommen der Wirklichkeit F. W. und C. H. Schultz, welche die Länge der europäischen Piloselloiden-Früchte zu $^1/_2 - 1$, die Länge der amerikanischen Piloselloiden-Früchte zu $1 - 1^1/_2$ und die Länge der Archieracienfrüchte zu $^5/_4 - 2$ Linien angeben. — In der That giebt es bei den europäischen Piloselloiden so grosse Früchte, dass deren Länge 1 Linie oder $2^1/_4$ Millimeter noch etwas übersteigt (H. Peleteria-

num, H. alpicola, die Früchte des letztern sind bis $2^1/_2$ Millimeter lang; und anderseits kommen bei den Archieracien so kleine Früchte vor, dass deren Länge kaum 1 Linie oder $2^1/_4$ Millimeter erreicht (Formen von H. glanduliferum und H. piliferum, kleinköpfige Formen von H. murorum).

Auf die Verschiedenheit im Bau der Fruchtkrone machte zuerst Monnier (1829) aufmerksam, indem er sagt, die Haare derselben stehen meistens in einer einzigen Reihe um die Frucht herum; zuweilen jedoch finde man eine zweite unvollständige Reihe von kürzeren Haaren. Aber dieser Charakter wurde von ihm noch nicht für die Diagnostik verwendet. Frölich (in DC. Prodr. 1838) gab allen Hieracien einen „Pappus 1-serialis simplex." Von Hegetschweiler (1839) wurde er zuerst als Unterscheidungsmerkmal verwendet; die Piloselloiden haben nach ihm einen „sehr feinen haarförmigen einreihigen", die ächten Hieracien einen „zweireihigen Pappus". Genauer wurden diese Verhältnisse von Koch (1844) definirt, nämlich für die Piloselloiden „radii pappi tenuissimi, uniseriales aequilongi, uno alterove tantum breviori immixto", für die Archieracien „radii pappi crassiores, obscure biseriales, longiores brevioribus pluribus mixti".

Gestützt auf mikrometrische Messungen habe ich selber (1847) gezeigt, dass die Differenz in der Dicke der Pappus-Strahlen in manchen Fällen so gering ist ($^1/_{500}$—$^1/_{300}$'''), dass sie nicht mehr geschätzt werden kann, und dass sie zuweilen selbst Null wird. Ebenso habe ich angeführt, dass es Arten von Piloselloiden und von Archieracien giebt, welche mit Rücksicht auf Gleichförmigkeit der Fruchtkrone sich nicht von einander unterscheiden, indem bei beiden die kürzern Strahlen in gleichem Verhältniss unter die zahlreicheren längeren gemischt sind. Meine Ansicht wurde von dem in der Diagnostik so genauen und gewissenhaften Grisebach

(1853) getheilt, welcher die Differenz des Pappus als unbrauchbar ganz aufgab.

Andere Autoren dagegen folgten dem Beispiele von Hegetschweiler und Koch, wobei der Gegensatz sogar noch verschärft wurde. So gibt Fries den Piloselloiden (Symbolae 1848 und Epicrisis 1862) in der Diagnose einen „Pappus uniserialis, radiis aequalibus tenuissimis" und den Archieracien einen „Pappus rigidus, radiis biserialibus, longioribus brevioribus immixtis"; während abweichend hievon in der Einleitung zu den Symbolae gesagt wird „Pappus uniserialis (Piloselloideorum) sistit characterem ancipitem et a genuinis Hieraciis mihi haud alienum". Grenier (1850) braucht ganz die gleichen diagnostischen Ausdrücke wie Fries. Die ausführlichste Beschreibung der Fruchtkrone haben F. W. und C. H. Schultz gegeben (Flora 1862) nämlich für die Piloselloiden „Pappus albus, niveus v. sordidus, 1-serialis, setis tenuibus subaequalibus breve dentatis accumbentibus, ita ut inter singulas interstitium, licet angustissimum observetur", — und für die Archieracien „Pappus praecipue basi sordescens biserialis, setis longius dentatis, inaequalibus, incumbentibus, intimis longioribus inferne dilatatis, externis brevioribus tenuioribus".

Nach wiederholter Untersuchung kann ich im Pappus nur einen relativen Charakter finden, und zwar in ganz analoger Weise wie bei der Grösse der Frucht. Die Piloselloiden differiren wenig von einander. Sie haben meistens etwa 30 gleichlange Pappusstrahlen von geringer aber gleicher Stärke, zwischen denen keine oder nur spärliche kürzere Strahlen eingemengt sind. Doch stellt sich das Verhältniss der kurzen zu den langen bei H. Pilosella wie 1:5, bei H. sabinum wie 1:4 und selbst wie 1:3. Bei letzterer Art zeichnen sich die langen Strahlen überdem durch ihre beträchtlichere

Stärke aus, und ausser den langen und den kurzen Strahlen kommen solche von mittlerer Länge und Stärke vor.

Die Archieracien haben einen weit grösseren Formenkreis. H. murorum stimmt in der Zahl der kurzen und langen Strahlen ziemlich mit H. Pilosella; das Verhältniss ist nämlich bei ungefähr 30 langen wie 1:5. H. vulgatum und H. Jacquini dagegen kommen mit H. sabinum überein, indem die Zahl der kurzen zu den langen Strahlen sich wie 1:3, 1:4, und 1:5 verhält. Die starken Strahlen sind bei H. murorum, was ihren Leib betrifft, etwas schwächer, was dagegen die Zähne betrifft, etwas stärker als diejenigen von H. sabinum. — Bei der Mehrzahl der Archieracien sind die kurzen Strahlen in grösserer Menge vorhanden. Bei H. alpinum, H. rhaeticum, H. nigrescens z. B. verhalten sie sich zu den langen wie 1:2 oder wie 2:3. Dagegen ist das Verhältniss bei H. hispidum wie 1:3. — In der Gruppe von H. prenanthoides kommen ferner nur sehr wenige kurze Strahlen vor, während die langen zahlreicher sind als bei den übrigen Arten. Ihre Zahl steigt nämlich über 40, bei H. strictum über 50. Diese langen Strahlen sind aber von merklich verschiedener Dicke; die dünneren haben ungefähr den halben Durchmesser der dickern; jene verhalten sich zu diesen in der Zahl etwa wie 1:4. Man unterscheidet also bei den Prenanthoideen dreierlei Strahlen, wie das übrigens auch bei andern Archieracien der Fall ist, nämlich kurze und dünne, lange und dicke, und eine Uebergangsstufe, welche bald in Dicke und Länge ungefähr die Mitte zwischen jenen beiden hält, bald auch den einen oder andern sich mehr nähert.

Aus diesen Thatsachen geht unbestreitbar hervor, dass der „ein- und zweireihige“ Pappus die Piloselloiden und Archieracien nicht als absolutes Merkmal zu unterscheiden vermag. Dagegen kann die Beschaffenheit desselben als ein eben so gutes relatives Unterscheidungsmerkmal für beide

10 vorstehende Zähne, welche man sowohl in der Seitenansicht als besonders deutlich in der Ansicht von oben nach Wegnahme des Pappus beobachtet, während die Archieracien - Früchte einen etwas verdickten ungezähnten Rand haben.

Die Diagnosen für die beiden Hauptabtheilungen der Gattung Hieracium sind also folgendermassen zu fassen:

Piloselloidea. Die Rippen der Frucht endigen in kleine zahnartige Vorsprünge, so dass der obere Fruchtrand gezähnelt erscheint.

Innovation durch Ausläufer oder sitzende Rosetten, selten bloss durch geschlossene Knospen. Blätter ungetheilt und ganzrandig oder mit entfernten winzigen, stumpfen Zähnchen, allmählich in den Blattstiel verschmälert. Involucralschuppen zuletzt zurückgeschlagen. Alveolen des gemeinsamen Blüthenbodens gezähnt, neben den Zähnen kahl. Blüthen an der Spitze kahl; meistens durchaus gelb, zuweilen auf der Rückseite rothgestreift, seltener roth, braunroth oder orange. Früchte $^3/_4$ bis wohl 1 Linie ($1^1/_2$ bis fast $2^1/_2$ M. M.) lang, mehr cylindrisch. Die 10 Rippen der Frucht ziemlich gleich, scharf vorspringend, von deutlichen Querrunzeln oder winzigen Zähnchen rauh. Fruchtkrone aus dünnen kurzgezähnten Strahlen bestehend, unter welche wenige oder keine kurzen Strahlen gemengt sind.

Archieracia. Der obere Fruchtrand etwas verdickt, nicht gezähnelt.

Innovation durch sitzende Rosetten oder geschlossene Knospen (nicht durch Ausläufer.) Blätter oft gezähnt oder getheilt, nicht selten am Grunde abgerundet oder herzförmig. Involucralschuppen zuletzt aufrecht oder zurückgeschlagen. Alveolen des gemeinsamen Blüthenbodens bloss gezähnt oder neben

den Zähnen noch gewimpert. Blüthen durchaus gelb (ungestreift); an der Spitze kahl oder behaart. Früchte 1 bis 2 Linien (2¼—4½ M. M. lang), mehr cylindrisch-kegelförmig. Die 10—13 Rippen der Frucht oft ungleich, weniger scharf vorspringend, bald von winzigen Zähnchen rauh, bald fast glatt. Fruchtkrone aus dünnen oder dickern, länger gezähnten Strahlen bestehend, unter die bald wenige, bald zahlreichere kurze Strahlen eingemengt sind.

Die Piloselloiden nehmen als Ganzes gegenüber den übrigen Hieracien bei den Autoren einen verschiedenen Rang ein. Wir können drei Arten der Einordnung unterscheiden, welche als ebenso viele Stufen in der fortschreitenden Erkenntniss gelten können. Auf der ersten Stufe traten die Piloselloiden als die Untergruppe einer Gattungs-Section auf; auf der zweiten wurden sie mehreren Sectionen der Archieracien coordinirt; auf der dritten Stufe stellte man sie allen Archieracien gegenüber, sei es dass man die Gattung Hieracium in zwei Sectionen oder in zwei Gattungen zerlegte, von denen die eine durch die Piloselloiden gebildet wurde.[1])

Zu den Autoren, welche in der ersten Weise gliederten, gehören Fröhlich (1838) und Hegetschweiler (1840).

Nach der zweiten Weise verfuhr schon Villars (1789), dann Monnier (1829), Koch (1837 und 1844), Fries (1848), Grenier (1850).

---

1) Ich habe hier der noch tiefer stehenden Behandlungsweise, welche Piloselloiden mit Archieracien oder mit Arten anderer Gattungen durch einander mengte, nicht mehr erwähnt, da ich davon schon Eingangs gesprochen habe.

Den dritten und richtigsten Weg betrat schon Tausch (1828), dann Grisebach (1853), der aber eine Art der Archieracien unnatürlicher Weise als Gattung abtrennte, Fries (1862), F. W. und C. H. Schultz-Bipont (1862).

Der Grund, warum ich das letztere Verfahren als das allein naturgemässe erkläre, besteht darin, weil zwischen den Piloselloiden und den Archieracien eine Kluft besteht, welche durch keine Zwischenformen, auch durch keine Bastarde ausgefüllt ist, während eine solche Kluft unter den Archieracien nicht vorkommt, wo wir durch Mittelformen von irgend einer Art auf verschiedenen Umwegen zu allen andern Arten gelangen können. Desswegen halte ich auch die Gattung Schlagintweitia (intybacea) für naturwidrig; denn diese Pflanze geht durch die unmerklichsten Abstufungen in H. picroides und dann in H. prenanthoides über.

Wenn einmal die Frage über den Rang der Piloselloiden in der Weise entschieden ist, dass sie allen Archieracien zusammen als coordinirte Gruppe gegenüber zu stellen sind, so halte ich die fernere Frage, wie dies geschehen soll, für weniger bedeutend. Tausch, Grisebach und Fries haben aus den beiden Gruppen zwei Hauptabtheilungen einer Gattung, F. W. und C. H. Schultz zwei Gattungen gemacht. Nach meiner Ansicht wird es immer Gruppen von Arten geben, die man mit gleichem Rechte als Subgenera und als Genera betrachten kann. In zweifelhaften Fällen aber halte ich es für besonnener, an dem Hergebrachten festzuhalten, und die Neuerung, sie mag nun als Trennung oder als Vereinigung erscheinen, zu unterlassen.

Für die generische Trennung scheinen mir folgende Bedingungen als unerlässlich bezeichnet werden zu müssen:

1) Uebereinstimmung im ganzen Verhalten, also innigere natürliche Verwandtschaft unter den Arten der einen und unter den Arten der andern Gruppe, — und Differenz im

ganzen Verhalten, also geringere natürliche Verwandtschaft zwischen den beiden Gruppen.

2) Mangel von (constanten oder hybriden) Zwischenformen zwischen den beiden Gruppen, die Arten der gleichen Gruppe können durch Uebergangsglieder verbunden sein oder nicht.

3) Vorhandensein von absoluten (nicht bloss von relativen) Unterscheidungsmerkmalen.

Mit Rücksicht auf diese Bedingungen halte ich es für angemessener, die Piloselloiden bei der Gattung Hieracium zu lassen. Denn was den Differenzialcharakter betrifft, so muss derselbe, da er allein in den vorstehenden winzigen Zähnchen am Fruchtrande besteht, gewiss als sehr subtil bezeichnet werden. Rücksichtlich der natürlichen Verwandtschaft und des Mangels an Zwischenformen, ist allerdings anzuerkennen, dass die europäischen Arten der einen und andern Gruppe durch eine Kluft getrennt sind, und dass die Piloselloiden einen übereinstimmenden Habitus besitzen. Doch ist dieser Habitus jedenfalls nicht so markirt, dass er die Arten ohne Weiteres der einen von den beiden Gruppen zuzutheilen im Stande wäre. Ein Beispiel gibt uns H. subnivale Gren. et Godr., welches von Grenier und von Grisebach zu den Archieracien, von Fries dagegen zu den Piloselloiden gestellt wird. Wir haben hier eine Art, die wohl unzweifelhaft zu den Archieracien gehört, aber im Habitus eine grosse Annäherung zu den Piloselloiden zeigt. — Eine andere Species, welche gewissermassen den Uebergang zwischen den beiden Gruppen vermittelt, ist H. alpicola Schl. In der vegetativen Sphäre ist es deutlich eine Piloselloide, in der Blüthenregion zeigt es bezüglich einzelner Merkmale eine grosse Annäherung an H. glanduliferum und H. piliferum, wobei zu bemerken ist, dass diese beiden Archieracien in der Kleinheit der Früchte sich an die Piloselloiden anschliessen. Als eine nicht unwichtige Thatsache muss auch hervorgehoben werden, dass, während alle übrigen mir

genauer bekannten Arten der Piloselloiden durch Zwischenformen zusammenhängen, H. alpicola davon durch eine Kluft getrennt ist, so dass es gleichsam wie eine Insel zwischen den beiden Continenten der Piloselloiden und Archieracien liegt.

Diess sind die Gründe, welche mich bestimmen, die Piloselloiden nicht als Gattung zu trennen. Wenn Fries in neuester Zeit (Hieracia europaea exsiccata 1865), dem Beispiele von F. W. und C. H. Schultz folgend, sie als besonderes Genus aufzählt, so scheint es mir nicht aus innern Gründen geschehen zu sein, sondern um zu zeigen, wie in einem solchem Falle die Autoritäten festgestellt werden müssten.[2]) Denn er sagt: „Pilosellarum subgenus utrum distinctum

---

2) Dass ich in dieser Beziehung die Ansichten von Fries theile, habe ich schon in einer frühern Mittheilung (vom 5. Mai) ausgesprochen. F. W. und C. H. Schultz haben zwar den Usus für sich, wenn sie in Folge der Gattungsänderung auch allen Species ihre eigene Autorität beisetzen; dass es in der That aber ein Abusus sei, zeigt sich bei solchen Gelegenheiten deutlich.

Namen und Autorität sind in unserer Vorstellung zu einem Ganzen verwachsen, so Auricula Linné, pratense Tausch, florentinum Allioni, auriculaeforme Fries, alpicola Schleicher. Auch wird in diesen Autoritäten schon die Geschichte der Arten deutlich; das historische Colorit verschwindet, wenn jeder Species ein gleichförmiges Sz. Sz. angehängt ist. Nach meiner früher dargelegten Ansicht sollte der Name des Autors unter allen Umständen einer Form bleiben, mag dieselbe als Varietät oder als Art der gleichen Gattung oder als Art einer andern Gattung aufgezählt werden. Denn nur auf diese Weise ist jede Verwechslung unmöglich gemacht. Ich habe (ebenfalls in der Mittheilung vom 5. Mai) gezeigt, dass Hieracium stoloniflorum Fries (und der übrigen Autoritäten) eine andere Pflanze ist als das ursprüngliche H. stoloniflorum von W. K. Wir erhalten nun noch eine Pilosella stoloniflora Sz. Sz., aber ohne zu wissen, ob damit die Art von W. K. oder von Fries gemeint ist. Die Genauigkeit würde also jedenfalls verlangen, dass auch die erste Autorität noch beigefügt werde.

censeamus an Hieraciis subjungamus, prorsus arbitrarium est. In Europa optime limitatae sunt, in America prorsus confluunt". Ich kenne die nordamerikanischen Hieracien nicht, um mir ein Urtheil zu erlauben, und habe im Vorstehenden immer nur mit Rücksicht auf die europäischen geurtheilt. Wenn aber sich die Sache so verhält, wie Fries in den citirten Worten angibt, so kann es meiner Ansicht nach nicht mehr frei stehen, ob man die Piloselloiden trennen will oder nicht; eine generische Trennung ist dann überhaupt unstatthaft.

Ich füge den vorstehenden Bemerkungen über die Abgrenzung, die Charakterisirung und die systematische Bedeutung der Piloselloiden noch eine Uebersicht der Merkmale bei, welche die Formen innerhalb der Gruppe von einander unterscheiden lassen.

I. Ueberwinterung.

Dieselbe geschieht a) mit Knospen und b) mit Blätterbüscheln (Rosetten). Die letztern sind entweder am Wurzelstock und an der Stengelbasis sitzend, oder sie sind auf einem bald unterirdischen, bald oberirdischen Ausläufer gestielt. Hierüber verweise ich auf das in den Mittheilungen vom 10. November und 15. Dezember Gesagte.

II. Innovation.

Dieselbe findet statt a) durch Stengel, welche aus sitzenden Rosetten oder Knospen erwachsen. Diese Stengel sind α) von der Basis an aufrecht, β) aufsteigend.

b) durch Ausläufer, welche in eine bewurzelte Rosette endigen (aus der sich dann der blühende Stengel

erhebt). Die Stolonen sind bewurzelt oder unbewurzelt, oberirdisch oder unterirdisch, im letztern Falle horizontal oder schief, kurz oder lang, dick oder dünn, mit Niederblättern (Schuppen) oder mit Laubblättern besetzt, und in letzterem Falle mikrophyll oder homophyll, je nachdem ihre Laubblätter kleiner sind als die Blätter der Rosette, oder mit denselben gleiche Grösse haben.

c) durch Flagellen d. h. Ausläufer, welche nicht in eine bewurzelte Rosette ausgehen. Dieselben endigen entweder steril oder in einen Blüthenstand; sie sind entweder ganz unbewurzelt oder im untern Theile mit Wurzeln versehen.

Im Vorstehenden glaube ich die natürlichste Eintheilung der Innovationsformen gegeben zu haben. Sie weicht von der bisherigen Behandlungsweise ab. Hiebei ist vorzugsweise Fries zu nennen, welcher besondern Werth auf diese Verhältnisse gelegt und dieselben für die Diagnostik benutzt hat. Doch gestehe ich, dass mir trotz aller Mühe seine Intentionen unklar geblieben sind. Derselbe unterscheidet Stolones, Flagella und Sarmenta; und es scheint mir der Hauptgesichtspunkt dabei der zu sein, dass die Stolonen ein kriechendes Rhizom bilden, die Flagellen und Sarmente dagegen nicht; doch widerspricht dieser Deutung die Anwendung. Bei den Pilosellinen, Auriculinen und Rosellen, denen ein Rhizom zugeschrieben wird, spricht zwar Fries immer auch von Stolonen; und von den Cymellen, denen das Rhizom abgesprochen wird, heisst es in der Epicrisis: „Radix non repens, passim flagellifera". Dagegen werden dann mehrere Arten der Cymellen sowohl in der Epicrisis als namentlich in den Symbolae wieder mit Stolonen aufgeführt, obgleich ihnen das Rhizom mangelt.

Wir finden bei Fries für die ausläuferartigen Bildungen überhaupt folgende Ausdrücke: 1) Stolones, 2) Stolones sarmentosi, 3) Stolones flagellares, 4) Flagella, 5) Flagella

sarmentosa und 6) Sarmenta stolonosa, wobei zu bemerken ist, dass Stolones flagellares in manchen Fällen wenigtens etwas anderes bezeichnen sollen als Flagella, sowie auch Sarmenta stolonosa etwas anderes als Stolones. Die genannten Ausdrücke werden nicht definirt, und die Pflanzen, bei denen sie gebraucht sind, geben mir keinen Aufschluss über ihre Bedeutung.

Ausserdem unterscheidet Fries noch Formae stoloniflorae und Formae flagellares. Die erstern seien wurzelnde und blühende Stolonen des laufenden, die letztern blühende Stolonen des vergangenen Jahres. Offenbar sind hier alle diejenigen ausläuferartigen Bildungen gemeint, welche nicht in eine bewurzelte Rosette ausgehen. Unter diesen finde ich aber keinen andern Unterschied, als den, dass die einen bewurzelt sind, die andern nicht. Die unbewurzelten sind alle im gleichen Jahre gebildet, in dem sie blühen; solche, die schon im vorigen Jahre angelegt wurden, gibt es nicht. Dagegen kommen unter den bewurzelten sowohl diessjährige als vorjährige vor, und es wäre ein leicht zu widerlegender Irrthum, wenn man sie alle vom vorhergehenden Jahre ableiten wollte. Unter allen blühenden und nicht rosettirenden (aber im untern Theil bewurzelten) ausläuferartigen Gebilden, die ich im Garten und in der freien Natur beobachtet habe, war die grosse Mehrzahl im nämlichen Jahr entstanden.

Da mit den Ausdrücken Stolonen und Flagellen bei den Hieracien keine festen Begriffe verbunden werden, so hielt ich mich für berechtigt, sie so zu definiren, dass die erstern Rosetten bilden, die zweiten nicht. Denn diess ist die für die Systematik wichtigste Differenz, die es in diesen Organen giebt. Man könnte auch einfach rosettirende und nicht rosettirende Stolonen sagen; ich habe die erstere Terminologie wegen ihrer Kürze vorgezogen..

Bei der Vergleichung der Formen und bei der Be-

schreibung derselben ist es von der grössten Wichtigkeit, dass man die Flagellen von den Stolonen unterscheidet. Die letztern bilden an der Spitze eine bewurzelte Rosette wie der keimende Same, und aus der Mitte der Rosette erhebt sich der blühende Stengel, ebenfalls wie bei der Samenpflanze. Die Stolonen bringen also Jahr für Jahr Pflanzen hervor, welche denen, die unmittelbar aus dem Samen entstanden sind, vollkommen gleichen.

Wenn die Stolonen epigäisch sind, so liegen sie überall dem Boden an; oder ist diess nicht der Fall, so senkt sich die Spitze auf den Boden, um Wurzeln zu schlagen und eine Rosette zu bilden. Anders verhalten sich die Flagellen. Diese berühren entweder die Erde gar nicht und sind vollkommen wurzellos, oder wenn sie mit dem untern Theile in und an der Erde sich befinden und daselbst Wurzeln besitzen, so erhebt sich doch ihr Endtheil über den Boden und stellt, da die Rosette sich auflöst, einen unbewurzelten, aber beblätterten Stengel dar.

Es kommt nicht selten vor, dass aus einer Rosette neben dem blühenden Stengel ein oder mehrere Flagellen entspringen, und man ist leicht geneigt, in solchen Fällen die beiden Bildungen als gleichwerthige, aber ungleich ausgebildete zu betrachten. Diess wäre aber ganz unrichtig. Das Flagell ist nicht dem Stengel allein, sondern dem Stengel sammt der Rosette (wenn kein Stolo vorhanden ist), oder dem Stengel sammt der Rosette und dem sie tragenden Ausläufer analog. — Diese Verwechslung von vollständigen und unvollständigen Sprossen hat verschiedene unrichtige Deutungen und Darstellungen verursacht. Es ist zum Beispiel unrichtig, wenn man sagt, bei einer bestimmten Art sei der Stengel der gewöhnlichen Formen unbeblättert (indem man die Rosette nicht dazu rechnet), der Stengel der flagellaren Formen dagegen sei beblättert; — denn der Stengel der gewöhnlichen Formen ist dem über den

Blättern befindlichen Endtheil der flagellaren Formen analog. Ebenso ist es unrichtig, wenn man von den gleichen Arten sagt, die Stengel (oder Schäfte) der gewöhnlichen Formen seien einfach, die der flagellaren Formen seien furcat. In diesem Falle bilden die gewöhnlichen Formen aus der Rosette mehrere Schäfte (oder Blüthenstiele), welche bei den flagellaren Formen in die Höhe getragen und wegen der Streckung der Internodien von einander entfernt werden.

Fries, welcher auf den Unterschied der flagellaren von den gewöhnlichen Formen besonderen Nachdruck legte, scheint denselben etwas anders zu verstehen, als ich ihn oben darlegte. In den Symbolae sagt er nämlich, die aus Stolonen entstandenen Individuen weichen immer mehr oder weniger von der „primären Pflanze" ab. Man könne das Experiment mit Hieracium aurantiacum anstellen; aus Samen erzogen, werde dasselbe trugdoldentragend, aus Stolonen fortgepflanzt dagegen furcat.

Dagegen sind verschiedene Einwürfe zu erheben. Nach der eben erwähnten Behauptung von Fries würde es scheinen, als ob unter „primärer Pflanze" die Samenpflanze verstanden werde, und als ob dieselbe von den aus Stolonen entstandenen Individuen verschieden sei. So hat es z. B. auch Wimmer (Flora von Schlesien 1857; pag. 300) verstanden. Man dürfte somit nach diesen beiden Autoren die Piloselloiden-Arten bloss nach Samenpflanzen bestimmen, denn gemäss der Angabe von Fries können die Ausläuferpflanzen ein ganz anderes Aussehen und andere Merkmale bekommen. Dieser theoretische Grundsatz wird aber weder von Fries noch von Wimmer in der Praxis angewendet, wie aus folgendem hervorgeht. Die Samenpflanze unterscheidet sich von der Stolonenpflanze leicht durch den Mangel des kriechenden Rhizoms. Eine Pflanze, die ein solches Rhizom hat, ist immer aus einem Stolo hervorgegangen. Nun heisst es

aber in allen Diagnosen: Rhizoma repens, scapus primarius . . . . ; es wird also der Ausläuferpflanze im Widerspruch mit der Theorie ein scapus primarius[3]) zugeschrieben. Ueberhaupt werden die Piloselloiden immer nach Ausläuferpflanzen bestimmt; ein anderes Verfahren wäre practisch unmöglich, da die Samenpflanzen äusserst selten sind. Unter mehreren Tausenden von Exemplaren, die ich von Piloselloiden mit kriechendem Rhizom theils selbst gesammelt habe, theils sammeln liess, ist mit Sicherheit nicht eine einzige Samenpflanze nachzuweisen.

Ein zweiter Einwurf ist der, dass nach meinen Beobachtungen die aus einem rossettenbildenden Ausläufer erwachsene Pflanze von der Samenpflanze in keiner Weise verschieden ist. Diess gilt von den verschiedensten Arten der Piloselloiden, die im Garten ausgesäet, und von denen theils Sämlinge, theils solche Exemplare, die noch im gleichen Jahr sowie in den folgenden Jahren aus Stolonen hervorgiengen, eingelegt und verglichen wurden. Offenbar hat Fries nicht scharf genug die rosettirenden und die nicht rosettirenden Ausläufer aus einander gehalten; seine Angaben passen nur auf die letztern.

Ein dritter Einwurf endlich betrifft die Art und Weise, wie die nicht rosettirenden oder flagellaren Pflanzen von den gewöhnlichen abweichen. Fries sagt allgemein, „die stolonosen Individuen bekommen einen furcaten Blüthenstand". Nach meinen Erfahrungen gilt diess bloss von Hieracium Pilosella Lin. (im Sinne von Koch und Fries); übrigens ist auch hier die Veränderung in der Inflorescenz nur scheinbar und, wie ich schon oben gezeigt, eine nothwendige Folge der morphologischen Bedingungen.

---

3) Scapus primarius bedeutet in den Diagnosen immer denjenigen, der die unmittelbare Verlängerung der Rosettenachse ist.

Die Modificationen, welche eine Pflanze erfährt, wenn sie (nicht rosettirende) Flagellen bildet, sind überhaupt folgende. Der Endtheil des Stolo streckt sich in die Länge, und die Blätter, die sonst in eine Rosette zusammen gedrängt sind, rücken mehr oder weniger auseinander. Der Stengel oder Schaft, welcher sonst aus der Rosette entspringt, stellt nun den Endtheil eines beblätterten Stengels dar; er wird kürzer und schmächtiger, weil die Ernährung mangelhafter ist, aber die Verzweigungsform zeigt weiter keine Veränderung.

Als Beispiele und Beweise will ich einige Arten aus den verschiedenen Gruppen der Piloselloiden anführen. Wenn Hieracium Pilosella mehrköpfig wird, so ist die Inflorescenz der rosettirenden Pflanzen eine wurzelständige Dolde (wie bei Primula acaulis). Auf den Flagellen verwandelt sich die Dolde wegen der Streckung der Internodien in eine Doldentraube und wird bei noch stärkerer Streckung scheinbar gabelig. — H. acutifolium (H. sphaerocephalum), H. auriculaeforme, H. stoloniflorum W. K. non Auct. (H. versicolor Fr.) und andere, die schon auf der Samenpflanze und auf den rosettirenden Stolonenpflanzen einen furcaten Stengel bilden, zeigen denselben natürlich auch auf den Flagellen. Aber die ganze Verzweigung ist, in Folge der Verkürzung der Strahlen, mehr zusammengezogen. — H. glomeratum, H. pratense, H. praealtum, H. aurantiacum haben an den Flagellen eine rispenförmige, doldentraubige oder doldenartige Inflorescenz wie an den rosettirenden Pflanzen, nur ist dieselbe gedrängter. Dagegen kann bei ihnen der Stengel selbst in der Laubregion sich verzweigen; das Analogon hiezu sind die mehrstengeligen Rosettenpflanzen.

Ich kann mir die, mit der Natur im Widerspruche stehenden Behauptungen von Fries nur durch die Annahme, die übrigens durch verschiedene seiner Bemerkungen bei den

einzelnen Arten nahe gelegt wird, erklären, dass derselbe furcate Zwischenformen, die im Garten und im getrockneten Zustande beobachtet wurden, willkührlich als flagellare Formen theils von H. Pilosella, theils von Species mit cymoser Inflorescenz erklärte. Die speziell von H. aurantiacum gemachte Angabe, die Samenpflanzen allein seien trugdoldentragend, die aus Stolonen erzogenen Individuen dagegen seien furcat, ist mir ganz räthselhaft. Denn die in unserm Garten aus Stolonen erwachsenen, auch die vermittelst Stolonen auf ein anderes Beet verpflanzten Stöcke tragen alle Trugdolden, ebenso alle wilden Pflanzen, die, wie das kriechende Rhizom beweist, nicht von Samen, sondern von Ausläufern herstammen. Aus H. aurantiacum habe ich überhaupt nie furcate Inflorescenzen, sie mochten rosettirenden oder nicht rosettirenden Ausläufern angehören, hervorgehen sehen [4]).

Die flagellaren Formen sind von den gewöhnlichen bloss durch die angegebenen Merkmale verschieden, soweit alle sichern Beobachtungen reichen. Ich muss daher die Richtigkeit der Aussage von Fries „equidem ipse, absque omni hybriditate arte (nämlich durch Fortpflanzung vermittelst Stolonen) produxi quam plurimas formas furcatas", im höchsten Grade bezweifeln; ihr widerstreiten alle meine Kulturversuche und alle meine Untersuchungen an wildwachsenden Pflanzen. Ich kann bloss zugeben, dass die flagellaren Formen von Hieracium Pilosella in der äussern Erscheinung einige Aehnlichkeit mit verschiedenen furcaten Zwischenarten haben; allein eine genaue Untersuchung zeigt sogleich ihre Identität mit den gewöhnlichen

---

4) Dagegen giebt es eine furcate Zwischenform, die in den Blüthen wenig von H. aurantiacum abweicht. Dieselbe tritt aber in allen Zuständen furcat auf.

Formen von H. Pilosella und ihre vollkommene Verschiedenheit von den gabeltheiligen Zwischenarten.

III. Rhizom.

Dasselbe ist a) aufrecht oder schief-aufrecht, und dabei immer verkürzt (Rhizoma descendens und Radix descendens von Fries),

b) horizontal oder schief-horizontal, und dabei α) verkürzt, β) verlängert; es wird gewöhnlich kriechend genannt.

Die Gestalt des Rhizoms wird durch die Innovation bedingt. Wenn die Stengel aus sitzenden Rosetten sich senkrecht erheben (II, a, α), so ist der Wurzelstock verkürzt und aufrecht. Wenn die Stengel aus sitzenden Rosetten aufsteigend sind (II, a, β), so ist der Wurzelstock ebenfalls verkürzt, aber mehr oder weniger liegend. Bewurzelte Ausläufer (II, b) geben ein verlängertes Rhizom, welches meist genau horizontal ist, zuweilen jedoch (bei schiefen unterirdischen Ausläufern) von der horizontalen Lage sich merklich entfernt.

Wenn man die Innovation genau kennt, so kennt man ohne Weiteres auch die Beschaffenheit des Rhizoms; und insofern ist dann die Beschreibung des letztern ein Pleonasmus. Häufig aber lässt sich die Innovation nicht vollständig beobachten, und es kann dann die Untersuchung des Rhizoms wichtige Anhaltspunkte für deren Feststellung ergeben. Da das Rhizom eine sympodiale Vereinigung der successiven Sprossfolgen ist, so erkennen wir daran in der Regel sogleich, ob eine Pflanze Stolonen bildet oder nicht und wie lange die Stolonen sind; ferner, wenn der Stengel aus einer sitzenden Rosette entspringt, ob derselbe aufrecht oder aufsteigend ist, denn seine Basis bleibt, indem der übrige Theil abstirbt, mit Beibehaltung der ursprünglichen Richtung in dem Rhizom zurück.

IV. Stengel.

Ausser dem schon bei der Innovation erwähnten Unterschied von aufsteigendem und aufrechtem Wachsthum und ausser dem andern Unterschied von hohler und fester Consistenz kommt vorzüglich die Beblätterung in Betracht. Der Stengel ist

a) unbeblättert oder schaftartig, indem die Laubblätter alle an seinem Grunde zusammengedrängt sind und eine Rosette bilden.

b) im untern Theile beblättert, indem die obern Blätter der bei a ausschliesslich vorhandenen Rosette am Stengel hinaufrücken. Die unteren Blätter bleiben entweder noch zu einer lockern Rosette vereinigt oder sie verlieren diesen Charakter auch gänzlich.

c) höher hinauf beblättert und am Grunde früher oder später unbeblättert, indem die untersten oder Wurzelblätter verschwinden. Dieser Zustand, den man auch als aphyllopod bezeichnet, geht durch den hypophyllopoden in den phyllopoden (a und b) über.

Der unbeblätterte oder schaftartige Theil des Stengels kann a) deckblattlos, b) mit mehr oder weniger Deckblättern besetzt sein.

Zur Terminologie bemerke ich noch, dass ich bloss zwischen Stengel und Blüthenstiel (pedunculus) oder besser Köpfchenstiel unterscheide. **Stengel** ist der aus der Rosette entspringende Spross mit Ausschluss des über der obersten Verzweigung befindlichen Theils, welcher als **Köpfchenstiel** bezeichnet wird[5]). Ich

---

5) Die Unterscheidung von Stengel und Köpfchenstiel ist immer leicht, wenn ein Spross verzweigt ist. Mangelt aber die Verzweigung, so wird die Grenze unter Umständen zweifelhaft, während sie in andern Fällen sicher festgestellt werden kann. So unterscheiden

halte diess für die einzige consequente Behandlung; gleichwohl finde ich sie bloss bei Grenier strenge durchgeführt. Die Inconsequenz wurde fast immer bei Hieracium Pilosella begangen, welches als eine stengellose Pflanze mit langen Köpfchenstielen aufzufassen ist.

Viele Autoren gebrauchen zwar für alle andern Arten die Ausdrücke Stengel (caulis) und Blüthenstiele (pedunculi), aber bei H. Pilosella werden die letztern von den einen (z. B. Monnier, Koch Edit. II.) als „Stengel", von den Andern (Grisebach) als „Schäfte (scapi)" bezeichnet. — Andere Autoren bedienen sich überall der Bezeichnung Schaft (scapus) und Blüthenstiel (pedunculus), wobei aber die Köpfchenstiele von H. Pilosella unrichtiger Weise ebenfalls Schäfte genannt werden (so Gaudin, Froelich).

Endlich giebt es noch Autoren, welche für die einen Arten (darunter auch H. Pilosella) „Schaft (scapus)", für die andern „Stengel (caulis)" brauchen. Dann ist der Schaft unbeblättert und der Stengel wenigstens am Grunde beblättert, wie bei Reichenbach (fl. germ. excurs); oder Schaft bezeichnet den schwächern und wenigblüthigen, Stengel den kräftigern und mehrblüthigen Spross, wie bei Koch (Edit. I.); oder endlich die beiden Begriffe werden für verschiedene Sectionen angewendet, wie bei Fries. Letzterer giebt folgende Definition: „Equidem caulem ubique appello, quando radix a caule discreta; repentibus Pilosellis tantum, s. radice in rhizoma manifestum abeunte et pedunculos subnudos exserente, scapum tribuo".

---

sich einköpfige Formen von H. Auricula, H acutifolium (H. sphaerocephalum), H. auriculaeforme und anderen Arten bestimmt dadurch von H. Pilosella, dass sie in den Achseln eines oder mehrerer Deckblätter am Stengel kleine verkümmerte, zuweilen nur mit der Lupe sichtbare Blüthenköpfe besitzen, welche bei H. Pilosella gänzlich mangeln.

Keine dieser Unterscheidungen in Stengel und Schaft ist anwendbar, ohne dass man in die grössten Willkührlichkeiten verfällt. So muss Koch neben Scapus noch von einem Caulis scapiformis sprechen. Ebenso muss Fries von manchen Arten, deren Rhizom und Stengel vollkommen gleich gebaut sind, den einen Radix und Caulis, den andern Rhizoma und Scapus zuerkennen, je nachdem er sie in die eine oder andere Section stellt, und die nämlichen Arten, welche in den Symbolae bei der Stirps H. cymosi stehen und mit Radix und Caulis begabt sind, haben in der Epicrisis Rhizoma und Scapus, weil sie in eine andere Stirps versetzt wurden.

V. Blätter.

Der Blattstiel ist nicht deutlich von der Blattspreite geschieden; beide zusammen bilden das „Blatt", welches rücksichtlich seiner Dimensionen linienförmig bis länglich und oval ist; ferner von der Mitte aus nach der Spitze verschmälert oder im obern Theile verbreitert (spatelförmig, verkehrt-eiförmig). Rücksichtlich der Scheitelregion sind die Blätter abgerundet, stumpf, spitz, zugespitzt, stachelspitzig (mukronirt). Sehr selten kommen Blätter vor, welche über der breiten Basis eine Verengerung oder seichte Einbuchtung zeigen.

Bei der Benutzung der Blattform für die Vergleichung der Species ist besonders zu berücksichtigen, dass dieselbe von dem untersten Blatt eines Sprosses bis zum obersten allmählich sich verändert. Man darf also nur Blätter mit einander vergleichen, welche der gleichen Region angehören. Im allgemeinen kann man untere, mittlere und obere Blätter unterscheiden, und wenn man schlechthin von Blättern spricht, darunter die mittlern verstehen. Diese sind zudem die grössten, da die Grösse der Blätter vom Grunde des Sprosses an zuerst zu- und nachher gegen die Hochblätter

wieder abnimmt. In besondern Fällen muss man die Blätter der Stolonen und der Rosetten, in andern die Wurzel- und Stengelblätter auseinander halten.

Rücksichtlich der Färbung sind die Blätter bläulichgrün (glauk) und graugrün oder grasgrün und gelbgrün. Diese Merkmale sind sehr constant und variiren nur innerhalb ziemlich enger Grenzen. Sie wurden daher auch von verschiedenen Autoren zur Bestimmung von Untergruppen benutzt. Bei der Beurtheilung der Farbe muss aber genau darauf geachtet werden, ob dieselbe der Blattsubstanz selbst angehöre oder ob sie mehr oder weniger oder selbst ausschliesslich durch die Behaarung bedingt werde.

In einzelnen Fällen giebt auch die Dicke und die Consistenz der Blätter Merkmale für die Unterscheidung der Formen. So zeichnen sich H. pratense und die demselben sich nähernden Zwischenformen durch grössere Weichheit aus.

Das Gesagte bezieht sich lediglich auf die Laubblätter, die in der Diagnostik bekanntlich als „Blätter" bezeichnet werden. Nieder- und Hochblätter sind bis jetzt fast gar nicht als Merkmale verwendet worden; es ist möglich, dass Grösse, Gestalt und übrige Beschaffenheit derselben ebenfalls brauchbare Anhaltspunkte zur Unterscheidung der Arten liefern.

VI. Köpfchenstand (Inflorescenz).

Die Anordnung der Köpfchen oder die Inflorescenz zeigt uns zwei wesentlich verschiedene Typen oder vielmehr zwei Extreme, zwischen denen ein mittlerer Typus in allen Abstufungen sich bewegt.

a) Der Stengel ist unmittelbar am Grunde (in der Rosette) verzweigt; die Köpfchenstiele (pedunculi) sind lang und wurzelständig. Die Inflorescenz ist also

doldenförmig und stengellos. Hieher Hieracium Pilosella mit den nächsten Verwandten.

b) Der Stengel ist unter oder über der Mitte (wenn die Gesammtlänge des aus Stengel und Köpfchenstiel bestehenden Sprosses berücksichtigt wird) verzweigt, also gabeltheilig; die Köpfchenstiele sind lang. Diese furcate Verzweigung kann sich je an den Seitenstrahlen wiederholen. Haupt- und Seitenstrahlen können von gleicher oder auch ungleicher Stärke sein und die Köpfchen der ganzen Inflorescenz in gleicher oder ungleicher Höhe liegen.

c) Der Stengel ist am Ende verzweigt, die Köpfchenstiele sind verhältnissmässig kurz. Die Inflorescenz ist rispenförmig, doldentraubig oder doldenartig, und dabei entweder locker oder zusammengezogen (geknäuelt). Ihre Verzweigungen sind von grössern und kleinern Deckblättern, seltener von kleinen Laubblättern gestützt (Ersteres ist die Anthela discreta, Letzteres die Anthela contigua von Fries).

Der Köpfchenstand ist also a) stengellos oder wurzelständig, b) furcat und c) straussartig[6]). Der erstere ist immer armköpfig, der dritte oft reichköpfig, der zweite zeigt eine mittlere Zahl von Köpfchen. Ueberhaupt gehen die furcaten Formen einerseits in die stengellosen, anderseits in die straussartigen über. Einköpfige Pflanzen können jeder der drei Verzweigungsformen angehören.

Die Köpfchenstiele und die Aeste der Inflorescenz sind im ausgewachsenen Zustande gerade oder bogenförmig-auf-

---

6) Da der Ausdruck Strauss (thyrsus) keine bestimmte Verwendung hat, so gebrauche ich denselben, in Ermangelung einer andern Bezeichnung, für die oben genannten Verzweigungsformen.

steigend. Vor dem Aufblühen sind die Köpfchen meist aufrecht, seltener nickend.

Rücksichtlich der Terminologie bemerke ich noch, dass es nach meiner Ansicht am zweckmässigsten ist, den Begriff des Köpfchenstiels (pedunculus) streng in dem Sinne festzuhalten, wie ich ihn definirt habe. Er ist also immer unverzweigt, da er den über der letzten Verzweigung eines Sprosses befindlichen Theil bedeutet. Bloss der Stengel sammt seinen Aesten verzweigt sich. In so fern ist es nicht ganz richtig, wenn von „verzweigten Blüthenstielen (pedunculi divisi)" gesprochen und wenn dann allenfalls die letzten Enden „Pedicelli" genannt werden. Man muss vielmehr, um consequent zu sein, Köpfchenstiele und Aeste der Inflorescenz unterscheiden [7]).

VII. Hülle (Involucrum).

Die Hülle giebt uns das Maass für die Grösse der Köpfchen, unter denen man im Allgemeinen drei Abstufungen unterscheidet, nämlich grosse, mittelgrosse und kleine. Die grössten Köpfchen hat Hieracium Peleterianum, wo die Länge des Involucrums 12—15 M. M. beträgt; die kleinsten haben H. Fussianum und H. florentinum mit einem 3—4 ½ M. M. langen Involucrum.

Die Grösse der Blüthenköpfchen halte ich für ein sehr beständiges, nur innerhalb ziemlich enger Grenzen variirendes Merkmal, wenn wir uns an die constanten Varietäten (also an die Formen mit geringster secularer Constanz)

---

7) Es giebt Autoren, von denen der Köpfchenstiel bei den einen Arten „Scapus", bei den andern „Pedunculus" und bei noch andern „Pedicellus" genannt wird. Ich halte die Nachtheile, welche aus einer solchen inconsequenten Behandlung für die Vergleichung der Arten sich ergiebt, für viel grösser als die Vortheile, die in einzelnen Fällen für die Kürze der Diagnose erzielt werden.

halten, während die Varietäten der nämlichen Species oder nahe verwandte Species sich mit Rücksicht auf einander ziemlich ungleich verhalten können. Dabei setze ich aber voraus, dass nur physiologisch und morphologisch analoge Erscheinungen verglichen werden. In dieser Beziehung habe ich bereits früher bemerkt, dass die flagellaren Formen meist merklich kleinere Köpfchen hervorbringen als die gewöhnlichen (rosettirenden) Exemplare.

Fries hat in dieser Beziehung eine andere Ansicht ausgesprochen (Symbolae XIII.). Nachdem er gesagt, dass die Grösse der Köpfchen innerhalb der gleichen Art sehr veränderlich sei, und dass es bei den meisten Arten macrocephale und microcephale Formen gebe, fährt er fort: „Communis hujus variationis lex est; quo magis in singula specie caulis elongatur et multiflorus evadit, eo minora capitula enititur et vice versa". Ich stimme Fries darin vollkommen bei, dass es grossköpfige und kleinköpfige Formen giebt und dass jene im allgemeinen oligocephal, diese pleiocephal sind; aber es sind diess immer mehr oder weniger constante Formen. Innerhalb der gleichen constanten Form steht die Zahl und die Grösse der Köpfchen durchaus in keiner Beziehung zu einander; die arm- und reichköpfigen Pflanzen haben gleichgrosse Köpfchen. H. praealtum von dem nämlichen Standort mit 3 und mit 100, H. Auricula mit 1 und mit 7, H. Hoppeanum mit 1 und mit 4, H. acutifolium Vill. mit 1 und mit 5, H. glaciale mit 1 und mit 6 Köpfchen nebst vielen andern Beispielen geben dafür unwiderlegliches Zeugniss. Diese Frage entscheidet sich, wie so manche, auf den Localitäten studirt, anders, als man nach der Durchsicht grosser Sammlungen vielleicht erwarten möchte; da man im letzteren Falle oft Formen vergleicht, die nicht verglichen werden dürfen.

Die Gestalt der Köpfchen wird ebenfalls bloss nach

der Form des Involucrums beurtheilt. Vor dem Aufblühen ist die Hülle kugelig bis länglich-cylindrisch, nach dem Verblühen kugelig oder kugelig-niedergedrückt bis cylindrisch. Die Zwischenstufen zeigen uns halbkugelige, bauchige, eiförmige, kegelförmige und längliche Köpfchen.

Der Bau der Hülle wird vorzüglich bedingt durch die Zahl der Schuppen und ihre relative Grösse. In ersterer Beziehung giebt es verhältnissmässig reich- und armschuppige Köpfchen; in letzterer Beziehung nimmt die Grösse der Schuppen von aussen nach innen verhältnissmässig rascher oder langsamer zu.

Fries giebt den Pilosellinen (oder der Stirps H. Pilosellae) „squamae introrsum decrescentes" und es ist dieses Merkmal in den Symbolae durch Cursivschrift vor allen übrigen ausgezeichnet. Nach seiner Erklärung sollen hier die Schuppen nach innen kleiner und schmäler, bei den andern Gruppen grösser und breiter werden. Dieser Unterschied ist aber in Wirklichkeit sehr undeutlich ausgeprägt. Bei den Pilosellinen zeigt sich nur selten und nur eine geringe Grössenabnahme bei den innersten Schuppen; diese sind vielmehr in der Regel weder kürzer noch schmäler als die äussern, wenn wir von einigen wenigen der allerinnersten absehen, welche bei allen Species decresciren.

VIII. Hüllschuppen.

Dieselben sind rücksichtlich ihrer Form linienförmig, lanzettlich, länglich, oval und eiförmig-dreieckig; rücksichtlich des Scheitels abgerundet, stumpf, spitz und zugespitzt. Da die Schuppen am Involucrum von aussen nach innen sich in Grösse und Gestalt verändern, so dürfen natürlich bei der Vergleichung verschiedener Species nur solche berücksichtigt werden, welche den gleichen Platz einnehmen. Am besten eignen sich dazu die äussern (mit Ausschluss der alleräussersten) und die innnern oder längsten (also

ebenfalls mit Ausschluss der allerinnersten, welche an Länge wieder abnehmen).

Auch die Farbe der Schuppen giebt zuweilen brauchbare Merkmale, namentlich ob sie einfarbig sind oder einen weisslichen Rand haben. Dabei muss aber, wie bei den Blättern, zwischen Färbung der Substanz und der Behaarung genau unterschieden werden.

IX. Behaarung (Indumentum).

Das Indument besteht aus drei verschiedenen Formen: 1) einfache Haare oder Haare schlechthin, 2) Drüsenhaare oder Drüsen, 3) Sternhaare oder Flocken. Von diesen drei Formen des Induments können alle mangeln, oder es ist nur eine vorhanden, oder es sind zwei und selbst alle drei vereinigt. Es ist daher jeder Pflanzentheil a) behaart oder unbehaart, b) drüsig oder drüsenlos, c) flockig oder flockenlos. Ich vermeide die Ausdrücke nackt (nudus), kahl (calvus) und glatt (glaber), da sie vieldeutig sind und von verschiedenen Autoren in verschiedenem Sinne gebraucht wurden.

Dle Haare sind steif und borstenförmig oder weich, ferner lang oder kurz, meistens hell mit schwarzem Grunde. Die Drüsen sind lang- oder kurzgestielt, von schwärzlicher oder gelblicher Farbe. Zwischen Haaren und Drüsen giebt es alle möglichen Uebergänge, indem die Stiele der letztern sich verlängern und ihre Köpfchen allmählich kleiner werden, bis sie zuletzt ganz verschwinden. Diese Thatsache ist bei der Vergleichung der systematischen Formen sorgfältig zu berücksichtigen, da sie uns zeigt wie das eine Indument durch das andere ersetzt werden kann.

Die Flocken (Sternhaare) sind grösser oder kleiner; im erstern Falle bilden sie in Menge beisammen einen filzigen, im zweiten einen mehligen Ueberzug.

X. Receptaculum (gemeinsamer Blüthenboden).

Dasselbe scheint nur in der verschiedenen Ausbildung der Spreublätter, welche den Grund der Fruchtknoten umgeben und den Rand der Alveolen bilden, Unterscheidungsmerkmale zu liefern. Die Zähne der Alveolen sind nämlich a) klein, b) breit-dreieckig und c) zugespitzt oder pfriemförmig.

XI. Blumenkronen und Griffel.

Die Zeit, zu welcher die Blumenkronen sich öffnen, ist für die verschiedenen Formen ziemlich beständig. Doch versteht es sich von selbst, dass es sich nicht um absolute, sondern bloss um relative Termine handelt, und dass man nur solche Formen mit einander vergleichen darf, welche auf dem nämlichen Standort beisammen wachsen, oder welche unter ganz gleichen äussern Verhältnissen vorkommen. Denn die nämliche Art oder Varietät hat eine sehr verschiedene Blüthezeit, je nach der klimatischen Beschaffenheit ihres Standortes. Auch ist zu berücksichtigen, dass manche Arten nur einmal blühen, indess andere zwei oder mehrmals, d. h. auf zwei oder mehreren Sprossgenerationen ihre Blüthenköpfe entfalten können.

Die Blumenkronen sind gewöhnlich bandförmig (zungenförmig); sie können indess ausnahmsweise halb oder ganz röhrenförmig werden. Zu dieser Modification haben die verschiedenen Arten eine ungleiche Neigung. Es gibt solche, bei denen sie nie beobachtet wird; andere dagegen, wo sie in geringem Maasse selbst normal zu sein scheint.

Für das wichtigste Merkmal der Blumenkronen halte ich ihre Farbe. Die meisten Autoren stimmen auch darin überein, sie als beständig zu betrachten, obgleich einzelne (wie z. B. Grisebach) sie vernachlässigen. Allein es ist schwer, den Farbenton zu bezeichnen, und hierin finden wir wesentliche Differenzen in den Beschreibungen, welche zum

Theil von der verschiedenen Empfänglichkeit des Auges für feine Nüancirungen des Colorits abhängen.

Die Farbenverschiedenheiten sind, wenn wir vorerst von den rothen absehen und bloss die gelben Arten berücksichtigen, doppelter Art. Die Färbung ist einmal heller und dunkler (intensiver), und anderseits ist die Qualität des Tones ungleich, indem derselbe entweder mehr reingelb, oder mehr grünlich gelb erscheint. Daraus machen nun einige Autoren bloss zwei Kategorien: schwefelgelb (oder hellgelb) und gelb (oder goldgelb); viele andere dagegen drei, nämlich schwefelgelb, citrongelb und gelb (oder goldgelb). Andere machen aus dem Gelb noch zwei oder drei Abstufungen. Es ist überflüssig, näher darauf einzutreten, da schon in den Hauptmodificationen wenig Uebereinstimmung herrscht. Während nämlich von den Meisten H. Pilosella als schwefelgelb (sulfureum), H. Auricula als citrongelb (citrinum), H. cymosum als gelb oder goldgelb (luteum) aufgeführt wird, giebt es Andere, die in H. Auricula die gleiche Farbe sehen wie in H. Pilosella oder wie in H. cymosum. Ferner werden H. glaciale, H. praealtum und andere Arten in der Bezeichnung der Farbe bald mit H. Auricula, bald mit H. cymosum identificirt. Es gibt in dieser Beziehung Aussprüche, die mir geradezu unverständlich sind.[8])

---

8) So bedient sich namentlich Fries einer Terminologie, deren Motivirung ich nicht verstehe. In den Symbolae unterscheidet er vier Farben und theilt ihnen unter anderen folgende Arten zu:

1) Ligulae sulfureae. H. auriculaeforme, H. sabinum.
2) Lig. luteae. H. Pilosella, H. stoloniflorum, H. sphaerocephalum, H. glaciale, H. pratense, H. cymosum.
3) Lig. flavae. H. Auricula, H. brachiatum, H. florentinum, H. praealtum, H glomeratum.
4) Lig. aureae. H. floribundum.

In der Epicrisis dagegen sind die vier Farben durch folgende Arten vertreten:

Es gibt nach meiner Ansicht nur ein Mittel, um die Farbentöne der Piloselloiden für die Systematik zu verwenden. Es besteht darin, von bestimmten allgemein vorkommenden Arten wie H. Pilosella, H. Auricula, H. glaciale, H. praealtum, H. cymosum, H. pratense auszugehen, deren Farbennüancen durch Vergleichung festzustellen und darnach alle übrigen Arten zu beurtheilen. Die Hauptsache liegt nicht darin, für jeden Farbenton eine Bezeichnung zu haben; denn gerade die vielen Ausdrücke sind eine Quelle von fortwährender Verwirrung. Sondern es müssen die Farbentöne durch Vergleichung mit andern Arten bestimmt werden. So ist z. B. H. Auricula wenig dunkler als H. Pilosella, mit einem schwachen Stich ins Grünliche. H. glaciale ist dunkler und reiner gelb als H. Auricula. Es gibt Autoren, welche für H. glaciale und H. Auricula die gleiche Blüthenfarbe angeben. Sie ist aber so verschieden, dass selbst die Mittelform zwischen beiden Species, welche auch eine mittlere Blüthenfarbe besitzt, an dieser Farbe auf zehn Schritte unter den beiden Hauptarten erkannt wird.

---

1) Lig. sulfureae. H. Auricula.

2) Lig. luteae. H. sphaerocephalum, H. brachiatum, H. Laggeri, H. alpicola.

3) Lig. flavae. H. Pilosella, H. stoloniflornm, H. florentinum, H. praealtum, H. sabinum, H. bifurcum.

4) Lig. aureae. H. glaciale, H. hybridum.

Ich finde unter „Ligulae luteae" der ersten und „Lig. flavae" der zweiten Aufzählung die nach meinem Urtheil ungleichsten Farbentöne vereinigt, und fast das Nämliche lässt sich für die „Lig. flavae" der ersten und die „Lig. luteae" der zweiten Aufzählung sagen. Ich würde glauben, Fries habe alle diese Species bloss allgemein als gelbblühend bezeichnen wollen und dafür ohne Wahl die verschiedenen Bezeichnungen der gelben Reihe gebraucht, wenn er nicht in der Epicrisis bei den Pilosellinen „Ligularum color constans" sagte.

Die rothe Farbe tritt bei den Piloselloiden in zweierlei Weise auf. Bei einigen sind die Randblüthen unterseits rothgestreift oder röthlich angelaufen. Diese rothe Färbung ist zuweilen bloss auf die Enden der Ligulae beschränkt. Bei einigen andern sind die ganzen Blumenkronen roth oder rothgelb; im letztern Falle können sie unterseits dunkler sein. Die rothgelben Blüthen können überdem beim Aufblühen gelb sein und später immer dunkler werden, oder sie können beim Aufblühen dunkler erscheinen und nachher heller werden.

Ob die Farbe der Griffel, welche von einigen Autoren der Blüthenfarbe wegen grösserer Konstanz vorangestellt wird, etwas anderes ergiebt als diese und ob sie neben der letztern nicht ein blosser Pleonasmus ist, bedarf noch weitterer Untersuchung. Man unterscheidet zwei Griffelfarben, die gelbe und die braune; erstere kommt bei allen Modificationen der gelbblühenden, letztere, wie ich glaube, bei allen roth- oder rothgelb-blühenden Arten vor. Mir scheint die Farbe des Griffels ein sehr untergeordnetes Merkmal zu sein gegenüber derjenigen der Blumenkrone; da die letztere wohl ein Dutzend Modificationen unterscheiden lässt, während die erstere wegen der Schmalheit des Organs nicht mehr als zwei und mit einer Mittelstufe höchstens drei Modificationen deutlich zeigt.

XII. Frucht und Fruchtkrone (pappus).

An der Frucht geben Grösse, Gestalt und vielleicht die Farbe einige, wenn auch nur geringe Unterschiede zwischen den Arten. Wichtiger ist die Fruchtkrone, wo die Zahl der langen und der kurzen Strahlen und vielleicht deren absolute Länge und Dicke innerhalb gewisser, wenn auch enger Grenzen variirt, und daher für die Unterscheidung der systematischen Formen benützt werden kann. Da ich schon im ersten Theil dieses Aufsatzes von diesen Merkmalen gesprochen habe, so ist es nicht nöthig, hier näher darauf einzutreten.

34. Die Piloselliformia.

(Vorgetragen den 4. Mai 1867.)

Wenn man die ältern und neuern Bearbeitungen der Piloselloiden studirt, so erstaunt man über den Reichthum an Formen innerhalb eines morphologisch so enge gezogenen Kreises. Und doch sind noch lange nicht alle Formen, welchen theils wegen ihres Vorkommens theils wegen der Kulturresultate eine bemerkenswerthe Constanz zugeschrieben werden muss, aufgezählt und beschrieben worden. Ich werde den schon bekannten noch manche neue beizufügen haben.

Dieser Formenreichthum stellt denn auch an die Methode erhöhte Anforderungen. Ich lege namentlich auf drei Punkte Gewicht, auf die Unterscheidung in Haupt- und Zwischenformen, auf die Bestimmung des Constanzgrades der verschiedenen Formen und auf die richtige Abgrenzung derselben.

Wenn die zu einer Gruppe gehörenden Formen, wie es bei den Piloselloiden der Fall ist, fast nach allen Richtungen durch Uebergänge verbunden sind und ein labyrinthartiges Gewirre darstellen, so ist das einzige Mittel, sich zurecht zu finden, dass man die Hauptarten heraushebt und nach denselben die Uebergangsglieder bestimmt. Ich verweise hierüber auf die Mittheilung vom 16. Febr. 1866. Jede andere Eintheilung weicht, da sie sich nicht auf eine objektive Methode, sondern auf den subjektiven Takt gründet, mehr oder weniger von der Natur ab, und büsst demgemäss auch an Uebersichtlichkeit ein.

Rücksichtlich der Bestimmung des Constanzgrades handelt

es sich vor Allem aus darum, diejenigen Formen auszuscheiden, denen gar keine Beständigkeit zukommt, die von einer Generation zur andern oder selbst schon am gleichen Stocke sich verändern können. Es gehören hieher die Standortsvarietäten d. h. diejenigen Modificationen, die unmittelbar durch die äussern Einflüsse hervorgebracht werden (vgl. die Mittheilung vom 18. Nov. 1865) und die Produkte, welche die individuelle Veränderlichkeit durch innere Ursachen bewirkt. Wir können, entsprechend einem ziemlich verbreiteten Sprachgebrauche, diese Formen als variable bezeichnen, gegenüber den constanten, welche unter verschiedenen äussern Verhältnissen wenigstens durch mehrere oder viele Generationen beständig bleiben.

In den systematischen Aufzählungen sollte man meiner Ansicht nach schon äusserlich die constanten und die variabeln Formen kenntlich machen. Nur die erstern verdienen einen systematischen Namen zu erhalten. Die variabeln Formen dürfen zwar nicht vernachlässigt, aber sie sollten nur in der Weise verwerthet werden, dass sie den Formenkreis einer Constanten bestimmen.

Ich betrachte es daher als einen Missbrauch, wenn man jede auffallende Form, auch wenn ihr keine Constanz zukommt, als Varietät mit besonderem systematischem Namen aufzählt. Hieher rechne ich z. B. Hieracium Pilosella var. *stoloniflorum* Froel., H. sphaerocephalum var. *stoloniflorum* und var. *uniflorum* Froel., H. Auricula var. *uniflorum* oder *monocephalum* und var. *polycephalum*, ferner var. *stoloniflorum*, var. *astolonosum* etc. Will man sich aber der Kürze halber dieser Benennungen bedienen, so darf man sie doch nicht den constanten Varietäten coordiniren.

Unter den constanten Formen giebt es solche, deren Beständigkeit eine kürzere Dauer hat, und solche von längerer Dauer. Darnach scheiden sie sich in Varietäten, Subspecies und Species, und die Species wieder in solche mit

näherer und entfernterer Verwandtschaft. Ich habe in der Mittheilung vom 21. April 1866 diese Verhältnisse als Verwandtschaftsgrade dargestellt, und dieselben nach dem Vorhandensein und der Natur der Zwischenformen charakterisirt. Die Wichtigkeit des Gegenstandes wird mich veranlassen, die verschiedenen Grade der Constanz noch in einer besonderen Mittheilung zu besprechen und die systematischen Kategorieen (Varietäten, Subspecies und Species) auch nach der Zeitdauer ihrer Beständigkeit zu bestimmen. Ich trete daher hier nicht weiter auf die Unterscheidung dieser Begriffe ein.

Die Abgrenzung der constanten Formen hat natürlich keine Schwierigkeit, wenn die Zwischenformen zwischen ihnen mangeln. Sind sie aber durch eine continuirliche Uebergangsreihe verbunden, wie z. B. H. Pilosella und H. glaciale, H. Pilosella und H. Auricula, H. Auricula und H. glaciale, so fallen alle Anhaltspunkte in den Merkmalen weg. Um die willkührliche Umgrenzung der bisherigen Bearbeitungen zu beseitigen, kenne ich nur das eine Mittel, dass der Formenkreis einer Art oder Varietät auf solchen Standorten oder in solchen Gegenden bestimmt wird, wo die Zwischenformen mangeln. Ich werde von diesem Mittel, soweit es mir zu Gebote steht, einen ausgiebigen Gebrauch machen.

Die Piloselliformen als Gruppe.

Unter den Piloselloiden betrachte ich zuerst eine kleine natürliche Gruppe von Formen, welche von manchen Autoren unter dem Namen H. Pilosella zusammengefasst, von andern in mehrere Arten getrennt werden, nämlich in H. Pilosella, H. Hoppeanum, H. Peleterianum u. A.

Ich würde sie am liebsten die **Pilosellen** nennen, wenn nicht viele Autoren (Froelich, Fries, Grisebach, Schultz-Schultz) unter diesem Namen die ganze Gruppe der Piloselloiden bezeichneten. Um Missverständnisse zu vermeiden, habe ich auch den Namen **Pilosellinen** nicht gebraucht, da derselbe bei **Fries** eine Gruppe mit viel weiterem Umfange bedeutet, nämlich die Piloselliformen und alle Zwischenglieder zwischen diesen und den übrigen Hauptarten (mit straussartiger Inflorescenz).

Die **Piloselliformen** bilden Uebergangsreihen zu allen übrigen Arten (eine Ausnahme macht wohl nur H. **alpicola** Schl.). Es ist daher besonders wichtig, sie genau abzugrenzen, was zwar, gegenüber jeder einzelnen Art, nur dann wird geschehen können, wenn von derselben die Rede ist. Da jedoch die Piloselliformen sich in gewissen Merkmalen übereinstimmend von allen andern Arten unterscheiden, so halte ich es für zweckmässig, die Abgrenzung im Allgemeinen schon hier zu besprechen.

Ein erstes, und ich betrachte es zugleich als das wichtigste Unterscheidungsmerkmal für die Piloselliformen liegt in der **Verzweigung**, oder vielmehr im Blüthenstand. Der **Stengel ist bei ihnen unmittelbar am Grunde verzweigt**, oder mit andern Worten die Pflanzen sind stengellos; ferner sind die **Köpfchenstiele lang und rosettenständig**. Alle andern Hauptarten haben einen am Ende verzweigten Stengel und einen straussartigen (rispenförmigen, doldentraubigen oder doldigen) Köpfchenstand. Bei den Uebergangsformen dagegen ist der Stengel unter oder über der Mitte verzweigt und gabeltheilig, mit langen Köpfchenstielen.[1])

---

1) Diese Unterschiede zwischen den Piloselliformen und den übrigen Piloselloiden gelten selbstverständlich nur für die gewöhnlichen d. h. für die rosettirenden Formen. Die flagellaren Pflanzen

Ich beschränke also die Piloselliformen auf die unmittelbar am Grunde des Stengels verzweigten Pflanzen und schliesse diejenigen aus, deren Schaft über der Basis getheilt ist[2]). Die letztern gehören schon der Uebergangsreihe an. Ich befinde mich rücksichtlich dieses Punktes in Widerspruch, wenn auch nicht immer mit den Diagnosen, doch mit der Praxis aller Autoren, namentlich mit Fries, welcher in der Diagnose „scapus primarius subsimplex" sagt und welcher mehrere Varietäten mit einem „scapus

---

verhalten sich scheinbar anders, und für sie nehmen die Differenzen eine andere Gestalt an. Die Verzweigung der flagellaren Piloselliformen findet unmittelbar da statt, wo die Laubregion aufhört; die seitlichen Blüthenstiele sind von gewöhnlichen Laubblättern oder von einer Mittelform zwischen Laub- und Deckblättern gestützt. Bei den übrigen Piloselloiden finden die Verzweigungen des Köpfchenstandes über der Laubblattregion statt und werden von Deckblättern gestützt.

2) Es ist kaum nöthig zu sagen, dass ich bloss die Pflanzen mit wirklicher und nicht auch diejenigen mit bloss scheinbarer Gabeltheilung ausschliesse. Es kommt nämlich bei den verschiedenen Arten der Piloselliformen zuweilen vor, dass zwei Köpfchenstiele auf eine kleinere oder grössere Strecke mit einander verwachsen und somit einen furcaten Stengel darzustellen scheinen. Diese Verwachsung ist oft sehr deutlich als solche zu erkennen, indem die beiden vereinigten Köpfchenstiele jederseits durch eine schwache Rinne getrennt sind. In andern Fällen ist der durch Verwachsung entstandene Stiel bloss auffallend plattgedrückt ohne bemerkbare Längsfurchen. Wenn derselbe bei noch innigerer Verschmelzung nur schwach zusammengedrückt ist, so erkennt man die Verwachsung doch deutlich aus dem Mangel eines Deckblattes unterhalb der scheinbaren Verzweigung.

Auch bei wirklich furcatem Stengel kommt zuweilen eine Verwachsung der beiden Köpfchenstiele vor, so dass dann der Stengel an höherer Stelle verzweigt zu sein scheint, als es in Wirklichkeit der Fall ist. Das stützende Deckblatt giebt mit Sicherheit den Ort der Gabeltheilung an.

basi s. infra medium saepe furcatus" aufführt. Obgleich dieser Punkt schon in einer frühern Mittheilung gelegentlich erwähnt wurde, so will ich ihn doch hier noch näher erörtern, weil sich vielleicht bei keinem andern Merkmale die Methode so deutlich darthun lässt.

Man wird gegen meine Abgrenzung anscheinend mit zwingender Logik folgende Einwendung machen: Mit dem normalen und ächten H. Pilosella komme zuweilen eine Pflanze vor, welche mit demselben in allen übrigen Merkmalen sowie im Habitus vollkommen übereinstimme, und bloss darin abweiche, dass der Stengel, statt unmittelbar an der Basis $^1/_4$ oder $^1/_8$ über derselben sich in zwei lange Köpfchenstiele theile. Es sei also ganz willkürlich und selbst unnatürlich, diese Pflanze nicht in die Species H. Pilosella aufzunehmen.

Vor Allem gebe ich zu, dass das Thatsächliche dieses Einwurfes vollkommen richtig ist. Aber ich füge hinzu, wie man das unveränderte H. Pilosella mit einem Stengel, der $^1/_4$ oder $^1/_8$ über dem Grunde verzweigt ist, findet, so kommt es auch noch mit einem $^1/_2$ oder $^2/_3$ oder $^3/_4$ über der Basis gegabelten Stengel vor. An die letztere Form schliessen sich andere an, die nicht um mehr verschieden sind, und so reiht sich weiter in unmerklicher Abstufung Glied an Glied, bis man zu einer Form kommt, die Niemand mehr mit H. Pilosella spezifisch vereinigt. Diese allmählichen Uebergänge habe ich vorzüglich nach H. Auricula, nach H. glaciale und nach H. praealtum hin beobachtet.

Wo soll nun getrennt werden? Jeder Autor zieht da die Grenze, wo sich eine Lücke in seinen Beobachtungen findet. Wer aber die vollständigen und lückenlosen Uebergangsreihen gesehen hat, der muss sogleich einsehen, dass der oben erwähnte Einwurf überhaupt gegen jede Trennung gemacht werden kann. Wir mögen die Grenze z. B. zwischen

H. Pilosella und H. acutifolium (H. sphaerocephalum) ziehen, wo wir nur wollen, so zerreissen wir immer eine continuirliche Reihe und trennen somit zwei Glieder, die einander so ähnlich sehen, dass man sie kaum unterscheiden kann.

Wie mit der Verzweigung verhält es sich auch mit den übrigen Merkmalen. Es giebt Pflanzen, welche von H. Pilosella noch bloss durch die Form der Blätter, oder durch die Behaarung derselben, oder durch die Gestalt der Involucralschuppen oder durch die Farbe der Blüthen abweichen, während alles übrige unverändert geblieben ist. Auch diese Formen müssen von der reinen Species abgetrennt werden, auch sie bilden Anfänge der Uebergangsreihe, von denen aus unmerkliche Abstufungen weiter führen.

Dass die genannten, wenn auch noch so geringen Abweichungen nicht zur Hauptart sondern zur Uebergangsreihe gerechnet werden müssen, ergiebt sich aus den Verhältnissen des Vorkommens. H. Pilosella mit furcatem Stengel findet sich häufig auf den Standorten, wo Zwischenformen wachsen. Man beobachtet es namentlich mit H. acutifolium und mit H. auriculiforme. Dagegen habe ich unter Millionen von Exemplaren auf stundenlangen Haiden und Wiesen bei München, wo H. Pilosella entweder allein oder nur mit H. Auricula vorkommt, kein einziges Exemplar mit gabeligem Stengel gesehen.

Indessen muss bei solchen Schlussfolgerungen immer Rücksicht auf alle möglichen Verhältnisse genommen werden. Es geschieht ausnahmsweise, dass man furcate Exemplare auf Standorten findet, wo keine Zwischenformen wachsen. Man wird dann aber dieselben sicher in der Nähe oder wenigstens nicht allzufern in der gleichen Gegend finden. Es ist ja möglich, dass der Same einer solchen gabeligen Form vertragen wird, oder dass die Mittelform aus irgend welchen Ursachen auf einer Localität ausstirbt, indess mit

H. Pilosella auch die demselben zunächst stehenden Glieder der Uebergangsreihe erhalten bleiben.

So fand ich im Oberwallis überall, wo H. Pilosella und H. glaciale in Menge beisammen waren, die Zwischenform, die ich aus später zu erörternden Gründen als hybrid betrachte, und ferner immer auch Pflanzen, die von H. Pilosella bloss durch den verzweigten Stengel sich unterschieden. Einzelne solcher Pflanzen beobachtete ich auch 1/4 und 1/2 Stunde von jenen Standorten entfernt. Dagegen mangelten sie, wenn in noch grösserer Entfernung H. Pilosella in Menge ohne H. glaciale sowie ohne die Mittelform wuchs.

Ich kann noch ein interessantes Factum anführen, welches meine Ansicht von einer andern Seite her unterstützt. Es besteht darin, dass nur das eigentliche H. Pilosella zuweilen einen gabeligen Stengel bildet, dass diese Erscheinung dagegen bei H. Hoppeanum und H. Peleterianum ganz mangelt, obgleich die letztern beiden Formen sich rücksichtlich der Verzweigung sonst ganz verhalten wie die erstgenannte. Damit steht in Zusammenhang, dass nur von H. Pilosella aus Uebergangsreihen zu den übrigen Arten ausgehen; zwischen H. Hoppeanum und H. Peleterianum einerseits und allen übrigen Arten anderseits giebt es keine Mittelformen, mit Ausnahme eines oder zweier äusserst seltener Bastarde.

Aus den beiden angeführten Thatsachen folgt mit Nothwendigkeit, dass die Pflanzen, welche sich von den Piloselliformen bloss durch den furcaten Stengel unterscheiden, nicht mehr den Hauptformen sondern den Uebergangsreihen angehören. Denn sie mangeln denjenigen Formen ganz, welche keine Uebergangsreihen bilden, und bei den andern kommen sie nur auf Standorten und in Gegenden vor, wo die Uebergangsreihen sich finden.

Ich habe bis jetzt die vorliegende Frage nach den von

mir selber beobachteten sichern Thatsachen beurtheilt. Schliesslich muss ich noch einer Behauptung von Fries erwähnen, welche derselbe zur Begründung seines Verfahrens anführt und welche, wenn sie richtig wäre, allerdings meine Schlussfolgerung ernstlich gefährden würde. Derselbe sagt in der Epicrisis (pag. 9): „Genuinum H. Pilosella . . . . scapo etiam centrali in formis elongatis gracilioribus non raro furcato!, idemque in horto solo pingui cultum semper fere furcatum evasit". Ich halte diese Angabe aus den sogleich anzugebenden Gründen für irrthümlich; vorher muss ich noch eine allgemeine Bemerkung über die Beobachtungen im Garten einschalten.

Schon einige Male hatte ich Gelegenheit, Kulturresultate von Fries anzuführen, die mit meinen Versuchen im Garten und mit meinen Beobachtungen in der Natur im Widerspruche stehen. Das Nämliche ist der Fall mit vielen Andern seiner Behauptungen betreffend die Veränderungen von Pilloselloiden und Archieracien in der Kultur. Diese Veränderungen in der angegebenen Weise halte ich für unmöglich, und ich glaube nicht, dass Fries sie wirklich beobachtet hat, sondern vielmehr, dass er gewisse in der Kultur beobachtete Formen theoretisch von gewissen andern Formen ableitet und theoretisch annimmt, es seien die veränderten Verhältnisse der Kultur, welche sie hervorgebracht.

Was ich von meinen Versuchen für sicher halte, das betrifft bloss solche Aussaaten, für die ich die Samen mit eigner Hand gesammelt und die Mutterpflanzen eingelegt und aufbewahrt habe. Pflanzen, die in unserm Garten aus Samen anderer, selbst der besten Gärten aufgehen, haben in meinen Augen für die Frage, wie weit die Abänderungen reichen, keinen Werth, da ich die Mutterpflanzen nicht kenne und da ich ferner nicht sicher bin, ob keine Verwechslung stattgefunden habe.

Ich komme wiederholt auf dieses Thema zurück, da

die exacte Lösung der Frage, was variabel und was constant ist und wie weit die Constanz geht, die Grundlage aller Systematik bildet. Die Gründe aber, warum ich in dem vorliegenden Falle die Angaben von Fries nicht für exact halten kann, sind folgende zwei. Erstlich habe ich selber bei der Aussaat im Garten ein anderes Resultat erhalten. Das stengellose Hieracium Pilosella bleibt stengellos. Dagegen kommen in den Gärten Formen vor, die sich von dieser Art bloss durch den furcaten Stengel unterscheiden. Es sind die nämlichen, die auch im wilden Zustande gefunden werden und von denen ich bereits weitläufig gesprochen habe. Die Vermuthung, dass sie aus dem genuinen H. Pilosella durch Kultur entstanden seien, ist nicht nur willkührlich, sondern auch falsch, wie das Vorkommen deutlich zeigt.

Dieses Vorkommen giebt mir den zweiten Grund für meine obige Behauptung. Wenn ein fetter Boden, wie Fries meint, H. Pilosella furcat machte, so müssten wir diese Veränderung auch im wilden Zustande wahrnehmen, wenn die Pflanze auf besonders fruchtbare Stellen kommt. Ich habe sie in einer Ueppigkeit, die sie im Garten nie erreicht, auf umgebrochenem Rasen, aufgeschütteter Dammerde (z. B. an neuen Strassenanlagen), auf Düngerstätten, auf Kuhmist der Alpenweiden getroffen. Aber nie war eine Spur von furcatem Stengel vorhanden. Noch im letzten Sommer beobachtete ich das stengellose H. Pilosella in der gedüngten Wiese beim Simplon-Hospiz in Menge, während auf den sterilen und ungedüngten Waiden in unmittelbarer Nähe stellenweise eine Pflanze vorkam, die sich von demselben bloss durch die Gabelung des Schaftes unterschied. Diese Thatsachen zeigen unwiderleglich, dass der fette Boden an der Entstehung der fraglichen Form keinen Theil hat. Nach der zuletzt genannten Beobachtung könnte

man im Gegentheil zu der Annahme verleitet werden, dass der magere Standort die Gabelung veranlasse.

Wenn ich sage, dass alle zu den reinen Arten der Piloselliformen gehörenden Pflanzen stengellos sind und dass Exemplare, die bloss durch den gabeltheiligen Stengel abweichen, zu den Uebergangsreihen zu verweisen sind, so meine ich damit keineswegs etwa, dass alle stengellosen Pflanzen auch zu den reinen Piloselliformen gehören. Es giebt nämlich Exemplare, die zwar rosettenständige Köpfchenstiele besitzen wie H. Pilosella, die aber im Uebrigen mehr oder weniger die Merkmale der Zwischenarten an sich haben und auch zu diesen gestellt werden müssen.

Ich bemerke hiezu noch, dass, wie ich schon in einer frühern Mittheilung hervorgehoben habe, die Merkmale nicht in gleichem Maasse bei allen Formen und Individuen sich verändern. Bald ist ein einzelnes Merkmal oder eine Gruppe von Merkmalen in der Veränderung von den andern voraus, bald hinter den andern zurück. So giebt es, um bei dem in Frage stehenden Merkmale zu bleiben, einerseits Pflanzen, die in allen Stücken sich wie H. Pilosella verhalten aber einen furcaten Stengel haben, anderseits solche, welche mit mehr oder weniger abweichenden furcaten Zwischenformen übereinstimmen, aber wie H. Pilosella stengellos sind.

Diess ist der Hauptgrund, warum die Abgrenzung formenreicher Arten, die durch Zwischenglieder verbunden sind, so ungemein schwer wird. Es ist nicht möglich, die Art als Totalität zu umgrenzen, und es genügt nicht, die Grenzen für ein einzelnes Merkmal festzustellen. Sondern es muss durch thatsächliche Beobachtung von jedem einzelnen Charakter ermittelt werden, wie weit er bei der reinen Art variiren kann und welcher Grad der Veränderung erfordert wird, damit man auf die Uebergangsreihe schliessen darf. Diess ist aber natürlich um so schwerer,

je weniger die Bestimmung eines Merkmals der Präzision fähig ist.

Ein zweites Merkmal der Piloselliformen besteht in der Innovation. Alle Autoren geben denselben (lange oder kurze) Stolonen und in den Diagnosen heisst es schlechthin „rhizoma stoloniferum". Demnach würde es scheinen, als ob Pflanzen mit sitzenden Rosetten von den Hauptarten auszuschliessen wären. Solche Pflanzen sind in den höheren Alpen nicht selten (vgl. Mittheilung vom 15. Dec. 1866 Fig. 15); dass sie aber nicht etwa den Uebergangsreihen, sondern den Hauptformen selbst beizuzählen sind, ergiebt sich aus folgenden Thatsachen: 1) kommen diese stolonenlosen Pflanzen auch auf Standorten vor, wo keine Zwischenformen wachsen; 2) werden sie nicht bloss von dem eigentlichen H. Pilosella, sondern auch von H. Hoppeanum und H. Peleterianum gebildet, denen, wie vorhin bemerkt wurde, die Uebergangsreihen mangeln; 3) sind Stolonen und sitzende Rosetten bei den Piloselliformen durchaus variable Merkmale, der nämliche Pflanzenstock kann in dem einem Jahr bloss sitzende Blätterbüschel, in einem andern Jahr Ausläufer treiben. Auf fruchtbarem Boden und in der Ebene verlängern sich die seitlichen, aus der Rosette entspringenden Sprossen zu Stolonen, auf magern und hochgelegenen Standorten bleiben sie zu sitzenden Rosetten verkürzt.

Die Diagnose muss also heissen: Mit Stolonen; auf sterilem Boden oder in schlechten Jahrgängen auch mit sitzenden Rosetten, die aber bei grösserer Fruchtbarkeit zu Stolonen sich verlängern. Von der An- oder Abwesenheit der Ausläufer hängt die Gestalt des Rhizoms ab. Dasselbe ist meist verlängert und horizontal, seltener verkürzt und etwas schief.

Die Form der Blätter zeigt für die ganze Gruppe der Piloselliformen wenig Uebereinstimmendes. Dagegen

ist sie sehr charakteristisch für die einzelnen Arten, und zuweilen das einzige Merkmal, wodurch Hieracium Pilosella von gewissen nächstverwandten Formen der Uebergangsreihen zu andern Hauptarten (z. B. zu H. glaciale) unterschieden werden kann.

Die Köpfchen übertreffen im Allgemeinen die der übrigen Hauptarten (mit Ausschluss von H. alpicola) an Grösse; doch giebt es ausnahmsweise auch sehr kleinköpfige Formen. Die Schuppen der Hülle sind meist zahlreicher, länger und breiter als bei irgend einer andern Hauptart. Auch von den Zwischenarten erreichen nur wenige (zu diesen gehören namentlich H. acutifolium Vill. non Griseb., H. stoloniflorum W. K. non Auct. und H. flagellare Rchb.) annähernd die erwähnten Schuppenverhältnisse der Piloselliformen.

Mit Rücksicht auf das Indument ist hervorzuheben, dass die Stolonen und die untere Blattfläche von Flocken weiss- oder wenigstens graufilzig sind. Die Autoren führen zwar auch ein Hieracium Pilosella virescens auf, dessen Blätter unterseits grün und beinahe flockenlos sind. Diese Form habe ich nie allein oder bloss mit dem gewöhnlichen H. Pilosella beobachtet, auch nicht auf denjenigen Standorten (auf feuchten, fetten und schattigen Stellen), welche sie hervorbringen sollten. Einige wiewohl ziemlich entfernte Annäherungen traf ich auf Localitäten, wo flockenlose oder flockenarme Zwischenformen wuchsen. Fries sagt: „Forma H. Pilosellae vulgata solo pingui horti Upsal. Culta in hanc (sc. virescentem) abiit". Meine Versuche führten zu einem andern Ergebniss; auch Gaudin giebt von dieser Pflanze, die er H. Pilosella viride nennt, an, sie wachse „in pratis siccioribus". Ich halte es daher namentlich wegen meiner vorhin angeführten Beobachtungen auf den verschiedensten natürlichen Localitäten, für im höchsten Grade wahrscheinlich, dass die Varietas

virescens nicht mehr zu den reinen Arten der Piloselliformen, sondern zu den Uebergangsreihen zu rechnen ist.

Rücksichtlich der Blüthenfarbe sind zwei Punkte hervorzuheben. Der erste besteht darin, dass die Blumenkronen der Piloselliformen heller sind als diejenigen aller andern Hauptarten der Piloselloiden. Dagegen lassen sie sich in dieser Beziehung von den Zwischenarten oft nicht unterscheiden. Unter den Hauptarten nähert sich den Piloselliformen am meisten Hieracium Auricula; seine Blüthenfarbe ist aber immerhin etwas dunkler und mehr ins Grünliche spielend. Auf grossen Strecken, wo H. Pilosella und H. Auricula in Menge durcheinander wachsen und wo die Uebergangsformen mangeln, sah ich die Färbung durchaus constant. Dagegen fand ich auf Localitäten, wo Zwischenformen vorkamen, einzelne Pflanzen, die sich sonst nicht von H. Pilosella unterschieden aber die Blüthenfarbe von H. Auricula hatten, und ferner einzelne Pflanzen, welche sonst ganz dem H. Auricula gliechen, aber die helleren Blumenkronen von H. Pilosella zeigten. Es ist möglich, dass diese bloss in der Blüthenfarbe abweichenden Exemplare schon der Uebergangsreihe angehören. Doch sind meine Beobachtungen darüber nicht umfassend genug, dass ich diese Vermuthung als sicher begründet aussprechen könnte.

Der zweite Punkt betreffend die Blüthenfarbe ist in der rothen Streifung gegeben, welche man sehr häufig bei den Piloselliformen auf der untern Seite der Randblüthen beobachtet. Alle gelbblühenden Piloselloiden haben das Gemeinsame, dass die Randblüthen unterseits heller gefärbt sind. Die hellgelben Blüthen der Piloselliformen haben eine weissliche untere Fläche, welche ganz oder theilweise röthlich angelaufen oder intensiv rothgestreift sein kann.

Es ist nun zunächst festzustellen, dass diese rothe Streifung zwar bei allen Arten der Piloselliformen vor-

kommt, aber dass es bei jeder Art ungestreifte Individuen oder Varietäten giebt. Die nächste Frage, ob die ungestreiften Pflanzen vielleicht nicht mehr der reinen Form, sondern der Uebergangsreihe angehören möchten, entscheidet sich sogleich durch zwei Thatsachen. Erstlich kommt H. Pilosella mit ungestreiften Blüthen auf Standorten vor, wo die Zwischenformen mangeln. Zweitens sind die ungestreiften Blüthen besonders häufig bei H. Hoppeanum, von welchem aus überhaupt keine Uebergangsreihen zu ungestreiften Arten ausgehen. Der Mangel der rothen Streifung tritt also unzweifelhaft bei den reinen Arten auf, und es ist somit ungerechtfertigt, wenn man H. Pilosella, wie es so häufig der Fall ist, absolut „Ligulae subtus rubro vittatae" zuschreibt [3]).

Ferner ist noch festzustellen, dass die übrigen Hauptarten der Piloselloiden (mit Ausschluss der Piloselliformen) in den reinen Formen nie gestreift sind. Es giebt ausnahmsweise zwar Pflanzen, welche von den Hauptarten sich sonst nicht unterscheiden lassen, die aber rothe Streifen an den Randblüthen zeigen. Da ich sie nur zugleich mit Zwischenformen beobachtet habe, so schliesse ich, dass sie den Uebergangsreihen beizuzählen sind. So habe ich das sonst unveränderte H. Auricula in einem einzigen Exemplare mit schöner Streifung gefunden, und halte dafür, dass

---

3) Nach Fries sollen die ungestreiften Blüthen vorzugsweise an den Flagellen auftreten („praecipue vero in formis flagellaribus et stoloniforis" Symbolae bei H. Pilosella). Meinen zwar allerdings beschränkten Beobachtungen zu Folge würde kein Unterschied zwischen den rosettirenden und den nicht rosettirenden (flagellaren) Pflanzen bestehen. Die letztern sind so schön gestreift wie die erstern. Auch hat das den eigentlichen Piloselliformen nah verwandte H. castellanum, das nur in flagellaren Exemplaren bekannt ist, fast ausschliesslich rothgestreifte Ligulae.

dasselbe schon zu der Reihe von H. auriculaeforme gehört.

Mit Rücksicht auf die eben erfolgten Erörterungen erhalten wir für die Piloselliformia somit folgende Diagnose:

Stengellos, mit **flockigen** Stolonen, die unter ungünstigen Umständen zu sitzenden Rosetten verkürzt sein können (daher ein horizontales meist verlängertes Rhizom). Blätter der Rosette mit mehr oder weniger zahlreichen Borstenhaaren besetzt, **unterseits von Flocken weiss bis grau**, oberseits, wenn das flockige Indument mangelt, graulichgrün. Köpfchenstiele **rosettenständig, lang** (auf den Flagellen von Laubblättern gestützt), wenig zahlreich (1—4). Köpfchen oval, zuletzt bauchig, meist grösser als bei den übrigen Hauptarten, mit zahlreicheren, längeren und breiteren, flockigen Schuppen, von denen die äusseren meist breit und stumpf, die inneren spitz sind. Blumenkronen schwefelgelb (heller als bei den übrigen Hauptarten), die äussern meistens auf der untern Fläche rothgestreift.

Der Verbreitungsbezirk der Piloselliformen ist zugleich auch derjenige der Piloselloiden überhaupt. Er hat folgende Grenzstationen: Spanien, Nordafrika, Sizilien, Griechenland, Syrien, Persien, Kaukasus, Finnland, Schweden und Norwegen, Grossbritannien. Die obere Grenze in den Alpen befindet sich bei ungefähr 8000′.

Systematische Gliederung der Piloselliformen.

Diese ganze Gruppe wurde von Linné noch als eine einzige Form aufgefasst, als eine Species ohne Varietäten, die er Hieracium Pilosella nannte. Spätere unterschieden neben der gewöhnlichen Form noch andere, und schränkten dadurch den Formenkreis der Linné'schen Benennung mehr und mehr ein. Die wichtigsten dieser Formen sind folgende:[4])

1) Hieracium Pilosella *alpinum* Hoppe 1799. H. Pilosella *grandiflorum* de Candolle 1805 (non Koch, nec Fries). H. *Hoppeanum* Schultes 1814. H. *pilosellaeforme* Hoppe 1814.

2) H. Pilosella *incanum* de Candolle 1805. H. Pilosella *farinaceum* (Hornung) Koch 1837. H. *velutinum* Hegetschweiler 1840.

3) H. *Peleterianum* Merat 1812. H. Pilosella *pilosissimum* Wallroth 1822.

4) H. *Pseudopilosella* Tenore 1815. H. Pilosella *lanceolatum* Monnier 1829. H. *Tenoreanum* Froel. 1838.

5) H. Pilosella *macranthum* Tenore 1831. H. Pilosella *grandiflorum* Koch 1837, 1844; Fries 1848 (non de Candolle).

---

4) Ich lasse die vorlinnéischen Autoren aus dem Spiele, indem die Rückwärtsverfolgung der Hieracien-Formen hinter Linné nur in historischer Beziehung und selbst in dieser Beziehung einen geringen und zweifelhaften Werth hat. Sogar die Synonymen Linné's und seiner Nachfolger bis auf den schärfer beobachtenden Villars gewähren wegen der grossen Unsicherheit nur wenig historisches und wegen der mangelhaften Formkenntniss fast kein systematisches Interesse.

6) H. *castellanum* Boissier 1842. Diese Pflanze dürfte indess wahrscheinlich von den Piloselliformen zu trennen sein.

7) H. Pilosella *argyrocoma* Fries 1862.

8) H. Pilosella *niveum* (Müller) Christener 1863.

Neben diesen acht Formen erscheint noch die gewöhnliche unter verschiedenen Namen, vorzüglich als

9) H. Pilosella *vulgare* Monnier. H. *Pilosella* Auct. Pilosella *officinarum* Schultz-Schultz.

Es giebt Autoren, welche alle diese Formen in eine einzige Species vereinigen, so Fries in den Symbolae, oder welche wenigstens so viele derselben, als auf ihrem Gebiete vorkommen, zusammenfassen, so Koch und Grenier. Andere trennen davon eine oder mehrere Arten ab. Fries in der Epicrisis betrachtet H. castellanum als besondere Species, während er alle andern Formen beisammen lässt. Von diesen übrigen Formen scheiden manche bloss H. Hoppeanum als spezifisch verschieden aus, so Gaudin und Grisebach, andere bloss H. Peleterianum wie de Candolle und Tausch. Noch andere betrachten sowohl H. Hoppeanum als H. Peleterianum als Species, wozu noch das südeuropäische H. Pseudopilosella kommt, so Froelich und Reichenbach; und endlich wird von Hegetschweiler auch noch H. velutinum als besondere Art beigefügt.

Wir haben, wenn eine Gruppe von Formen systematisch gegliedert werden soll, zwei Fragen zu entscheiden. In erster Linie handelt es sich darum, wie die einzelnen Formen rücksichtlich der Neben- und Ueberordnung sich gegenseitig verhalten, mit andern Worten in welcher relativen systematischen Verwandtschaft sie zu einander stehen. In zweiter Linie ist zu bestimmen, ob und welche dieser Formen als Arten oder als Varietäten zu betrachten sind. Ich halte die erstere Frage für weitaus die wichtigere,

während gewöhnlich die zweite mehr in den Vordergrund gerückt wird. Jene ist von materieller, diese mehr nur von formeller Bedeutung.

Für die Beurtheilung der Affinität zweier Formen müssen wir uns vorzugsweise an den Grundsatz halten, dass dieselben einander um so näher stehen, je mehr die Uebergangsformen zwischen ihnen abgestuft und je zahlreicher und constanter diese Uebergangsformen sind, dass dagegen die Verwandtschaft um so geringer wird, je lückenhafter die Uebergangsreihe ist und je mehr die vorhandenen Glieder derselben den Charakter der Hybridität an sich tragen. Ich verweise hierüber auf die Mittheilung vom 21. April 1866. Als zweites jedoch mehr untergeordnetes Kriterium ist die geographische Verbreitung zu betrachten. Unter übrigens gleichen Umständen müssen wir zwei Formen eine um so geringere Verwandtschaft zuschreiben, je mehr ihre Verbreitungsbezirke unabhängig von einander gestaltet sind[5]).

Nach diesen Grundsätzen, deren Anwendung natürlich bloss durch eine genaue und vielseitige Autopsie möglich wird, ergeben sich folgende Resultate für die mitteleuropäischen Piloselliformen. Die südeuropäischen H. Pseudopilosella, H. castellanum und H. Pilosella argyrocoma muss ich aus dem Spiele lassen, da ich von deren Vorkommensverhältnissen aus eigener Erfahrung nichts weiss.

1) Von allen andern Formen entfernt sich am weitesten H. Peleterianum.

---

5) Die Berücksichtigung der verschiedenen Constanzgrade erlaubt es, die Verwandtschaften noch genauer und sicherer zu bestimmen. Ich kann hier nicht darauf eintreten, da eine Erörterung der Principien vorausgehen müsste, bemerke aber, dass in dem vorliegenden Falle an dem Resultate nichts geändert würde.

2) Etwas weniger weit stehen von dem Rest die beiden unter einander sehr nahe verwandten Formen H. Hoppeanum und H. macranthum ab.

3) Unter den drei noch übrigbleibenden Formen hat H. Pilosella niveum die entferntere, H. Pilosella incanum die nähere Verwandtschaft zu H. Pilosella vulgare.

Wir können die verwandtschaftlichen Verhältnisse der genannten 6 Formen durch folgendes Schema darstellen:

- H. Peleterianum
- - H. Hoppeanum
    - H. macranthum
  - - H. Pilosella niveum
    - - H. Pilosella vulgare
      - H. Pilosella incanum

Es gewährt ein nicht geringes Interesse, die Geschichte der Systematik der Piloselliformen seit Anfang dieses Jahrhunderts zu verfolgen. Wir ersehen daraus klar, dass, wie sehr auch durch fortgesetztes Studium die morphologische Kenntniss und die diagnostische Unterscheidung fortschreiten, die Einsicht in die Affinitätsverhältnisse und die systematische Anordnung dennoch stationär bleiben. In letzterer Beziehung zeigt uns die Geschichte nichts als ein planloses Hin- und Herschwanken, nirgends eine Errungenschaft, die gesichert wäre. Diess ist übrigens, wie ich schon in frühern Mittheilungen hervorgehoben habe, die nothwendige Folge davon, dass die Systematik bisher einer rationellen Methode ermangelte und daher auf den subjectiven Takt angewiesen war. Ich kann jedoch nicht in eine einlässliche historische Darstellung eintreten, so lehrreich sie auch wäre, denn das hiesse eine ganze Abhandlung schreiben. Ich will bloss beispielsweise den Beweis für meinen Ausspruch an dem Schicksal von H. Peleterianum beibringen.

Diese Form ist, wie ich bereits erwähnt habe, diejenige,

welche sich verwandtschaftlich am meisten von den übrigen entfernt. Schon de Candolle that im Jahre 1805 den richtigen Wurf; er führte sie als besondere Species auf, während er die übrigen Piloselliformen spezifisch vereinigt liess. Diesem Beispiel folgte der um die Hieracienkunde verdiente Tausch im Jahr 1827. Keiner der spätern trat in gleicher Weise in die Fussstapfen dieser beiden Vorgänger. Manche zählen die verschiedenen Formen als coordinirte Varietäten oder Species auf, so Monnier (1829), Koch (1837 und 1844), Hegetschweiler (1840), Fries (1848), wobei es allerdings möglich wäre, dass den formell coordinirten Begriffen materiell ein ungleicher Werth beigemessen würde. Bei andern Autoren lässt die Anordnung aber keinen Zweifel über ihre Ansichten. Gaudin (1829) betrachtete H. Peleterianum als Varietät von H. Pilosella und trennte das näher verwandte H. Hoppeanum (H. pilosellaeforme) als Art ab. Grisebach (1853) steigerte diese widernatürliche Anordnung dadurch, dass er, während H. Hoppeanum als Species erscheint, das mit demselben so nahe verwandte macranthum neben Peleterianum als Varietät bei H. Pilosella liess. Eben so wenig mit der Natur stimmt das Verfahren von Fries (1862), welcher H. Peleterianum als Varietät zu H. Pilosella stellte, dagegen das sehr viel näher verwandte H. Pilosella incanum zum Range einer Subspecies erhob.

Wir sehen also, dass der Takt unabhängig von den Fortschritten der Wissenschaft ist. De Candolle hat mit seinen geringen Hülfsmitteln schon im Anfange dieses Jahrhunderts das Richtige errathen, während die ersten der jetztlebenden Hieracienkenner, welche an Formenkenntniss und morphologischer Einsicht unvergleichlich höher stehen, weit ab von dem rechten Wege geriethen.

Nachdem die Affinitätsverhältnisse der Formen festgestellt sind, ist in zweiter Linie die Frage zu entscheiden,

welche derselben als Species, welche als Varietäten betrachtet werden sollen. Ich halte mich in dieser Beziehung an die in der Mittheilung vom 21. April 1866 entwickelten Grundsätze. Formen, die schlecht umgrenzt und durch manigfaltige constante Zwischenformen verbunden sind, müssen als Varietäten betrachtet werden (grenzlose Verwandtschaft). Gut umgrenzte Formen mit constanten aber relativ seltenern Zwischenformen sind als nahverwandte Species zu betrachten (Uebergangs- oder Blendlingsverwandtschaft). Gut umgrenzte Formen mit hybriden Zwischengliedern oder ohne alle Zwischenglieder stellen entfernter verwandte Species dar (Bastardirungs- und agamische Verwandtschaft).

Nach diesen Grundsätzen sind die aufgezählten mitteleuropäischen Piloselliformen in drei Species zu trennen, nämlich

1. H. Peleterianum
2. H. Hoppeanum und H. macranthum
3. H. Pilosella vulgare, H. Pilosella incanum und H. Pilosella niveum.

Ich habe in der Mittheilung vom 21. April 1866, mich verlassend auf unvollständige Beobachtungen, die Ansicht ausgesprochen, dass alle eben genannten Formen bloss als Varietäten Einer Species zu betrachten seien. Die Thatsachen, auf die ich mich stützte, waren folgende. Nach Untersuchungen auf den Localitäten konnten H. Pilosella niveum und H. Pilosella vulgare, ebenso H. Pilosella incanum und H. Pilosella vulgare bloss varietätlich verschieden sein. Ebenso wenig liessen sich nach den Vorkommensverhältnissen H. Hoppeanum und H. macranthum spezifisch trennen. In meinen Beobachtungen fanden sich zwei Lücken; ich kannte aus eigener Anschauung das Verhältniss zwischen H. macranthum und H. Pilosella vulgare, ferner zwischen H. Peleterianum und den andern Formen nicht. Ich wusste nur, dass Uebergänge

zwischen den beiden erstern vorhanden sind, und war daher, besonders auch mit Rücksicht auf die Zeugnisse der Autoren, namentlich von Grisebach und von Fries, zu meiner Annahme gezwungen. Ersterer hielt die Verwandtschaft zwischen H. Pilosella vulgare, H. macranthum und H. Peleterianum für geringer als diejenige zwischen einer dieser Formen und H. Hoppeanum. Letzterer betrachtete H. Pilosella vulgare näher mit H. Peleterianum und H. Hoppeanum verwandt als mit H. Pilosella incanum, und führte überdiess an, dass er Exemplare aus dem Balkan besitze, welche mit H. Hoppeanum in den übrigen Merkmalen, dagegen mit H. Pilosella vulgare in den Schuppen des Involucrums übereinstimmen. Ich benutzte den Sommer 1866, um die zwei angegebenen Lücken in meinen Beobachtungen auszufüllen; sie haben ein ganz anderes Resultat ergeben als das von mir erwartete.

Ich beginne mit H. Peleterianum. Diese Form hatte ich früher ein einziges Mal im wilden Zustande gesehen, nämlich schon im Jahre 1839 als Student auf einer Ferienreise im Thale Entremont des untern Wallis. Damals achtete ich zwar auch schon auf die Vorkommensverhältnisse, allein ich war noch unerfahren und ohne bewusste Methode, auch ohne meine besondere Aufmerksamkeit den Hieracien zu schenken, so dass ich späterhin die damals gemachten Beobachtungen nicht zu verwerthen mich getraute. Im Sommer 1866 suchte ich die Pflanze wieder im Wallis auf, und fand sie am nördlichen Abhang des Simplon von 4000′ bis 7000′ in Menge. Stellenweise wuchs sie allein, meistens jedoch mit H. Pilosella vulgare, incanum oder niveum durch einander. Was mir besonders dabei auffiel, war der Mangel an Zwischenformen. Nach langem Suchen fand ich nicht mehr als einen einzigen Rasen mit wenigen Exemplaren, welche sicher als Uebergänge zu betrachten

waren und die ich wegen ihrer Seltenheit als Bastarde in Anspruch nehmen musste.

Die Seltenheit der Zwischenglieder zwischen H. Pilosella und H. Peleterianum ist für die Beurtheilung des Verwandtschaftsgrades dieser beiden Formen von entscheidender Bedeutung. Wir müssen sie als zwei Arten mit Bastardirungsverwandtschaft ansehen.

Es darf zwar, da es sich hier um die Messung der Affinität handelt, nicht mit Stillschweigen übergangen werden, dass nicht alle Pflanzen der Beobachtung gleich zugänglich sind. Die Zwischenformen werden nämlich um so leichter übersehen, je geringer die Unterscheidungsmerkmale der Hauptarten sind. Der Bastard von H. Pilosella und H. Auricula fällt von weitem in die Augen, derjenige zwischen H. Pilosella und H. Peleterianum nicht. Dennoch muss ich den letztern für sehr selten halten, da ich ihn trotz langen Suchens nicht häufiger fand.

Es ist ferner noch zu bemerken, dass, wenn die Hauptformen durch gewisse sehr ausgeprägte Charaktere geschieden sind, die Uebergangsformen sich als solche noch kund geben, auch wenn sie der reinen Hauptform schon sehr genähert sind. Diess ist hingegen nicht der Fall, wenn die Unterscheidungsmerkmale quantitativ gering und daher unscheinbar sind[6]). Die Uebergangsreihe zwischen H. Pilosella und H. glaciale z. B. lässt sich noch in Pflanzen

---

6) Es versteht sich von selbst, dass mit quantitativ geringen Unterscheidungsmerkmalen zwischen zwei Formen nicht auch eine nahe Verwandtschaft verbunden sein muss. Denn es giebt ja genug Beispiele, wo zwei Varietäten einer Art morphologisch sehr verschieden und zwei Arten verschiedener Gattungen morphologisch sehr ähnlich sind, so dass man, wenn das eine und das andere Paar Bastarde bildeten, die Bastarde der beiden Varietäten leicht, diejenigen der beiden Gattungen schwer erkennen würde.

erkennen, welche von H. Pilosella sich einzig durch die Gabelung des Stengels oder die schmälern und spitzen Blätter unterscheiden, wie ich oben gezeigt habe. Allein ich wüsste nicht, woran ich die Endglieder der Uebergangsreihe zwischen H. Pilosella und H. Peleterianum erkennen sollte.

Es ist nun interessant, mit sorgfältiger Berücksichtigung dieser Verhältnisse, die Affinität zwischen H. Pilosella und H. Peleterianum mit der Affinität anderer Arten zu vergleichen, insofern dieselbe aus den vorhandenen Zwischenformen erkannt wird. Am leichtesten ist die Vergleichung mit der Verwandtschaft zwischen H. Auricula und H. glaciale, weil hier die Uebergangsreihe ebenfalls unkenntlich wird, so wie sie sich der einen oder andern Art nähert. H. Auricula und H. glaciale stehen nun in Uebergangsverwandtschaft zu einander; sie sind durch reichlich vorhandene und constante Zwischenformen verbunden. Auf dem nämlichen Berg, wo ich bloss einen kleinen Rasen der Mittelform zwischen H. Pilosella und H. Peleterianum auffand, sah ich hunderte von Pflanzen, die den Zwischenformen zwischen H. Auricula und H. glaciale angehörten und eine ununterbrochene Uebergangsreihe zwischen beiden darstellten. Ich halte mich daher zu dem Schlusse berechtigt, dass H. Auricula und H. glaciale einander viel näher stehen als H. Pilosella und H. Peleterianum.

Ganz das Nämliche gilt für die Vergleichung unserer beiden Arten mit der Verwandtschaft zwischen H. Auricula und H. acutifolium (H. sphaerocephalum). Die Zwischenformen zwischen den letztern beiden treten in den bayerischen Alpen ganz ebenso häufig auf, wie die Zwischenformen zwischen H. Auricula und H. glaciale im Wallis.

Schwieriger ist die Vergleichung mit Artenpaaren, deren Uebergänge viel mehr in die Augen fallen, wie z. B. H. Pi-

losella und H. glaciale. Diejenigen Zwischenformen zwischen diesen beiden Arten, die ich auf dem Simplon und andern Alpen des Wallis fand, halte ich aus später zu erörternden Gründen für hybrid. Aber, wenn ich die noch leicht kenntlichen Endglieder der Uebergangsreihe vernachlässige und bloss die ziemlich in der Mitte stehenden Exemplare in Rechnung bringe, so sind diese doch viel zahlreicher als diejenigen zwischen H. Pilosella und H. Peleterianum. Es folgt aus dieser Thatsache, dass beide Artenpaare zwar der gleichen Verwandtschaftsklasse, nämlich der Bastardirungsverwandtschaft[7]) angehören, dass aber H. Pilosella und H. glaciale doch einander etwas näher zu stehen scheinen als H. Pilosella und H. Peleterianum.

Es hat keinen Werth, diese Vergleichung fortzusetzen. Die angeführten Beispiele beweisen, und ein Dutzend anderer Beispiele könnte es bestätigen, dass H. Pilosella und H. Peleterianum, obgleich äusserlich einander ähnlich und daher von den meisten und besten Autoren für Varietäten gehalten, doch innerlich sich ferner stehen als eine Menge von Formen, die äusserlich sich wenig gleichen, daher immer für Species gehalten und oft selbst in verschiedene Sectionen gestellt wurden.

H. Hoppeanum zeigt gegenüber von H. Pilosella (vulgare und incanum) ein ähnliches Verhalten wie H. Peleterianum. Ich untersuchte dasselbe wiederholt in den Bündner Alpen. Häufig treten beide Pflanzen synöcisch auf, indem sie auf dem gleichen Standort durch einander wachsen. Zuweilen sind sie prosöcisch, indem H.

---

7) In den östlichen Alpen (der Gotthardt bildet die Grenze) tritt die Zwischenform zwischen H. Pilosella und H. glaciale als constante Form auf, nämlich als H. acutifolium (H. sphaerocephalum).

Hoppeanum die fettern, H. Pilosella die mageren Standorte bewohnt. In beiden Fällen kommen wirkliche und unzweifelhafte Zwischenformen sehr selten vor, und sind immer nur spärlich vorhanden. H. macranthum, welches (gemeinschaftlich mit dem spärlichen H. Hoppeanum) auf der Münchner Hochebene in grosser Menge wächst, hatte ich erst im Sommer 1866 Gelegenheit, in seinem Verhalten zu H. Pilosella vulgare genauer zu untersuchen. Beide Pflanzen wachsen hier meistens durch einander; doch ist innerhalb des Verbreitungsbezirkes von H. macranthum auf fetteren Stellen dieses, auf mageren dagegen H. Pilosella vulgare bisweilen allein oder fast allein vertreten. Von der unzweifelhaften Zwischenform konnte ich unter vielen Tausend Exemplaren der beiden Hauptformen nur einige wenige entdecken.

Diese Thatsachen veranlassen mich zu der Folgerung, dass die beiden Formen Hoppeanum und macranthum zu dem gewöhnlichen H. Pilosella eine fast ebenso geringe oder doch nur eine wenig grössere Verwandtschaft besitzen als H. Peleterianum. Die Zwischenformen betrachte ich wegen ihrer äussersten Seltenheit als hybrid[8]).

Ueber das verwandtschaftliche Verhältniss von H. Hoppeanum sammt macranthum zu H. Peleterianum ist mir nichts bekannt. Ich habe sie nicht beisammen gesehen, weiss auch nicht, ob sie irgendwo zusammen vorkommen. Zwischenformen sind mir bis jetzt weder in den Sammlungen zu Gesicht gekommen, noch habe ich welche in den

8) Dabei bleibt die Frage offen, ob die Zwischenform vielleicht anderswo (nämlich im Balkan, wie Fries angiebt) als Constante auftrete. Die Sache ist nicht unmöglich, da wie ich schon bemerkt habe, die Zwischenform zwischen H. Pilosella und H. glaciale westlich vom St. Gotthardt als Bastard, östlich davon als Constante sich kundgiebt.

Verbreitungsbezirken der genannten Hauptformen lebend gesehen. Ich glaube daraus mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen zu können, dass die beiden Hauptformen einander jedenfalls nicht viel näher stehen können, als jede derselben mit H. Pilosella vulgare, incanum und niveum verwandt ist. Wenn ich aber den Bau des Involucrums mit berücksichtige, so muss ich dafür halten, dass H. Peleterianum weiter von H. Hoppeanum entfernt sei, als dieses von H. Pilosella vulgare.

H. Hoppeanum und H. macranthum stehen zu einander in grenzloser Verwandtschaft. Auf der Münchner Hochebene wachsen sie in der Art durcheinander, dass das ächte H. Hoppeanum nur in äusserst wenig Exemplaren vertreten ist, die Mittelform viel häufiger vorkommt und das ächte macranthum die Hauptmasse bildet. In den Alpen kommen neben dem ächten Hoppeanum auch Exemplare vor, welche der Zwischenform angehören, während ich dort das ächte macranthum nicht gesehen habe. Die Exemplare, welche von östlichen Localitäten (Oesterreich etc.) theils aus der Ebene, theils aus den Gebirgen in den Herbarien sich befinden, stellen theils macranthum, theils die Zwischenform dar. Eine bestimmte Umgrenzung der beiden Formen existirt nicht, weder in den Merkmalen, noch in der geographischen Verbreitung. Sie müssen daher als Varietäten zur gleichen Species gestellt werden.

H. Pilosella vulgare und H. Pilosella incanum (H. velutinum Hegetschw.) sind ebenfalls durch grenzlose Affinität verbunden. Man findet beide mit allen Uebergängen auf höhern Alpen beisammen; zuweilen ist nur H. Pilosella vulgare und die Mittelform, zuweilen nur H. Pilosella incanum und die Mittelform vorhanden. Eine bestimmte Umgrenzung der beiden Formen ist hier noch weniger möglich als bei H. Hoppeanum und H. macranthum. Sie sehen einander in allen Beziehungen gleich, nur

ist das Indument der Blätter verschieden. Es ist übrigens zu bemerken, dass auch das H. Pilosella der Ebene eine Var. incana hat, und dass ebenso H. Hoppeanum zuweilen mit oberseits grauen oder weissen Blättern gefunden wird. Nach meiner Ansicht gehören diese incanen Modificationen zu den leichtesten Graden unter den constanten Varietäten.

Das Nämliche gilt auch für das Verhältniss von H. Pilosella niveum zu H. Pilosella vulgare und incanum, obgleich diese Form etwas grössere Selbständigkeit zeigt als H. Pilosella incanum. Doch steht auch sie mit den beiden andern Formen in grenzloser Verwandtschaft, wie durch das Vorkommen derselben deutlich bewiesen wird. In der Thalsohle des Wallis sah ich stellenweise nur H. Pilosella niveum. Am Simplon traten in einer Höhe von 4000′ (ü. M.) mit demselben auch Uebergangsformen zu H. Pilosella vulgare auf, und noch höher (5000—6000′) kamen mit H. Pilosella incanum und vulgare auch noch die Uebergangsformen zu H. Pilosella niveum vor. — Uebrigens giebt es ebenfalls von H. macranthum eine Var. nivea, welche die nämlichen Merkmale hat und ganz in den gleichen Beziehungen zur Hauptform steht, wie das ächte niveum zu H. Pilosella vulgare.

Das gesellschaftliche Entstehen neuer Species.

Im Jahr 1865 habe ich in einer akademischen Rede [1]) die Theorie entwickelt, welche ich über die Entstehung der Species aus den Erscheinungen, die das Pflanzenreich darbietet, herleiten zu können glaubte. Die Annahmen Darwin's schienen mir, bis auf einen Hauptpunkt begründet zu sein. Ich fand nämlich, dass für mehrere Kategorien von Thatsachen das Nützlichkeitsprincip, wie es Darwin aufgestellt hatte, nicht ausreiche. Um dieselben zu erklären musste ich annehmen, dass die Veränderung in den Individuen nicht nach allen Richtungen sondern vorzugsweise nach einer Richtung erfolge, und dass daraus mit Nothwendigkeit die morphologische Entwickelung der höhern und complicirter gebauten Organismen aus den niedern und einfachern sich ergebe. Ich nannte dies das Vervollkommnungsprinzip.

Seitdem habe ich mich vielfach mit dem Problem der Entstehung von Varietäten und Species beschäftigt. Einerseits versuchte ich zu einer strengeren Lösung der wichtigsten Fragen nach mechanisch-physiologischen, biologischen und morphologischen Gesetzen, und soweit es möglich war, mit Hülfe der Rechnung zu gelangen. Andrerseits stellte ich mir die Aufgabe, das räumliche Vorkommen oder die geographische Verbreitung der nächst verwandten Pflanzenformen zu erforschen, um eine thatsächliche Begründung für die theoretischen Resultate zu gewinnen. Denn die Beschaffenheit und die räumliche Vertheilung der nächstverwandten Pflanzenformen sind als die Ergebnisse der Kulturversuche

1) Entstehung und Begriff der naturhistorischen Art.

aufzufassen, welche die Natur selbst angestellt hat, und aus ihnen muss auf den Gang dieser Kultur oder mit andern Worten auf die Entstehung der Varietäten und Arten geschlossen werden können.

Das letztere Gebiet der Forschung ist bisher nicht betreten, oder wenn von Einzelnen betreten, doch ohne bestimmte Resultate verlassen worden. In der That sind die Verhältnisse, die sich hier dem Beobachter darbieten, so complizirt, die Möglichkeiten so zahlreich, die Eliminirung des Nebensächlichen und Zufälligen so schwierig, die Verwechslung von Ursache und Wirkung so nahe liegend, dass viel Mühe und Zeit erfordert wird, um einige Klarheit in das Chaos der geographischen Thatsachen zu bringen und auf den Punkt zu gelangen, wo man nicht blos Möglichkeiten sondern nothwendige Folgerungen aus ihnen zu ziehen vermag.

Seit dem Jahr 1864 habe ich mich, mit Ausnahme des Kriegsjahres 1870, jeden Sommer 2 Monate lang in den Alpen aufgehalten, um ausschliesslich das Vorkommen nächstverwandter Pflanzenformen zu studiren, namentlich aus der variabelsten aller Gattungen, aus dem Genus Hieracium, über welches ich der mathematisch-physikalischen Classe früher schon einige Mittheilungen machte. In den ersten Jahren war mir Alles unklar, und ich gewann bloss das negative Ergebniss, dass die thatsächlichen Verhältnisse nicht den Erwartungen entsprachen, welche ich gemäss der Darwin'schen Selectionstheorie über das Vorkommen naheverwandter Formen haben musste. Nachdem ich dann zu positiven Resultaten gelangte und jetzt durch fünfjährige Beobachtungen deren allgemeine Gültigkeit erprobt habe, kann ich zu einem vorläufigen Abschluss meiner Theorien über die Speciesbildung schreiten und der Classe eine Reihe von Mittheilungen über dieses Thema machen.

Ich werde in der Weise vorgehen, dass ich die wich-

tigeren Fragen einzeln behandeln und jede für sich zu entscheiden suche. Dies scheint mir der einzig sichere und wissenschaftliche Weg bei einem so verwickelten Thema, und ich halte es für einen der grössten Missgriffe so mancher Autoren, dass sie die verschiedenen Fragen allzusehr vermengten und oft über den schwachen Punkt einer Beweisführung sich mit einer Behauptung aus einem andern Gebiete hinweghalfen.

Ich werde mich ferner nicht damit beschäftigen, ob die Species aus einander hervorgehen, sondern nur wie dies geschieht. Ueber den ersten Punkt ist nach meiner Ansicht mehr als genug gesprochen und die Wissenschaft hat darüber endgültig abgeschlossen, indem alle Gebiete der Beobachtung und der Speculation sich zu demselben Schlusse vereinigen. Der genetische Zusammenhang der Lebeformen ist so sicher, als das Gesetz der Erhaltung von Kraft und Stoff in der unorganischen Natur; denn in der That ist er nichts anderes als die Anwendung dieses allgemeinsten Gesetzes auf das organische Gebiet und sagt nichts anderes, als dass das ganze materielle Sein den gleichen Existenzbedingungen unterworfen ist.

Die Frage, mit der ich heute den Anfang machen will, betrifft das räumliche Vorkommen nächst verwandter Pflanzenformen in der freien Natur. Ich stellte sie desshalb voran, weil sie vollkommen unabhängig von allen andern Fragen, lediglich durch die Beobachtung entschieden werden kann, und weil sie einmal festgestellt bei der Entscheidung der andern Fragen als Prüfstein oder Beweismaterial von Wichtigkeit ist.

Das räumliche Vorkommen nächst verwandter Formen spielt bei jeder Theorie über die Speciesbildung eine wichtige

Rolle. Darwin spricht sich zwar nicht bestimmt darüber aus; aber aus dem ganzen Zusammenhang seiner Darstellung verbunden mit gelegentlichen Aeusserungen, ergiebt sich ziemlich deutlich, wie er sich dasselbe denken muss. Er geht bekanntlich von der künstlichen Rassenbildung aus, welche durch Auswahl der Zuchtthiere und durch Verhinderung der Kreuzung mit andern Individuen in eine bestimmte Bahn geleitet wird. Bei der Bildung von Varietäten und Species in der freien Natur trete die natürliche Zuchtwahl ein, indem diejenigen Individuen, welche neue vortheilhafte Eigenschaften besitzen, die übrigen im Kampfe um das Dasein besiegen und verdrängen und dadurch allein zur Fortpflanzung und Nachkommenschaft gelangen.

Die Vorstellung, welche man sich nach der Darwin'schen Selectionstheorie von dem Vorgange der Speciesbildung machen muss, ist somit die, dass die Tochterform in dem Gebiete, in welchem sie die stärkere oder angepasstere ist, nach Verdrängung der Mutterform allein übrig bleibt, während die letztere in andern Gebieten existensfähiger sein kann und als solche das Feld behauptet. Diese locale Verdrängung ist besonders wegen der Wirksamkeit, welche der Kreuzung beigelegt wird, zu postuliren. Die entstehende Species muss sich selber local gleichsam isoliren, um ein Analogon der künstlichen Zuchtwahl darzustellen. Vermag die neue Form die alte nicht zu verdrängen, bleibt sie mit derselben vermengt, so müsste man wohl annehmen, dass die fortwährend thätige Kreuzung die beiden noch äusserst naheverwandten Formen wieder verschmelze; es könnte dann so wenig zur Bildung einer neuen Varietät und Species kommen als in einem Taubenschlag oder in einer Viehherde zur Bildung einer neuen Rasse, wenn der Züchter die Träger der beginnenden Veränderung nicht isolirt.

In diesem Sinne hält Darwin an verschiedenen Stellen seine Selectionstheorie fest. Ist die Annahme richtig, so

müssen wir in der freien Natur die entstehenden Species, wenigstens in bestimmten Stadien des Prozesses, relativ isolirt finden; und zwei nächstverwandte Formen (sei es Mutter und Tochter oder seien es Schwestern) müssen getrennt vorkommen(eine Berührung an den Grenzen ihrer Gebiete ist nicht ausgeschlossen), bis sie physiologisch soweit von einander sich entfernt und soweit sich consolidirt haben, dass sie nicht mehr mit Leichtigkeit sich kreuzen können oder die Kreuzung durch eine energische Verdrängung ihrer Producte unschädlich machen. Ich spreche hier nur von den Folgerungen, die aus Darwin's eigenen Ansichten über die Veränderung der Individuen und die Wirkung der Kreuzung sich ergeben. Ein tieferes Eingehen auf diese Fragen muss ich auf eine spätere Gelegenheit versparen.

Darwin führt keine Beweise aus dem räumlichen Vorkommen in der freien Natur an. Die im Pflanzenreiche vorliegenden Thatsachen sind der vorhin deduzirten Annahme im Allgemeinen durchaus ungünstig; manche befinden sich im entschiedensten Widerspruche mit ihr. Dies Urtheil gründet sich auf die Beobachtung von mehreren Hunderten von Fällen, die als Beispiele für beginnende Species und zwar in allen möglichen Stadien der Entwickelung gelten konnten, und wo fast ohne Ausnahme eine räumliche Vermengung mit nächst verwandten Formen statt hatte. Ich werde die betreffenden Thatsachen heute ausführlicher darlegen. Für die allgemeine Theorie gestaltet sich die Sachlage, die übrigens erst bei der Besprechung der Kreuzung und der individuellen Veränderlichkeit deutlich hervortreten wird, in der Weise, dass im Pflanzenreiche von einer natürlichen Zuchtwahl im Sinne Darwin's nur sehr uneigentlich die Rede sein kann, und dass eine wesentliche Verschiedenheit bestehen muss, zwischen der Speciesbildung in der freien Natur und der

Rassenbildung durch den Züchter vermittelst der künstlichen Zuchtwahl.

Die Selection schien auch schon als blosse Theorie einen schwachen Punct zu haben, welcher von Anhängern Darwin's bemerkt und zu einer Modification der Theorie verwerthet wurde. Nach der Selection nämlich wirken zwei Principien in entgegengesetztem Sinne, einerseits die Kreuzung der Individuen der alten Form mit denen der neuen Form, wodurch die letztere zur erstern zurückgeführt wird, und andrerseits die Verdrängung der alten Form durch die neue, wodurch die letztere sich von jener nachtheiligen Kreuzung frei macht. Es versteht sich daher von selbst, dass eine grosse Zahl von Anfängen neuer Formen durch die Kreuzung vereitelt wird, und ferner, dass die Bildung der neuen Form um so gesicherter ist, je rascher die Gefahr der Kreuzung beseitigt wird, dass daher die Isolirung der Individuen, welche der nenen Form angehören, besonders günstig wirken muss.

Es dürfte selbst in Manchem beim Lesen des Buches „Ueber die Entstehung der Arten" der Zweifel aufgestiegen sein, ob es überhaupt möglich sei, dass in der Weise, wie es Darwin angibt, in der freien Natur neue Formen entstehen, nämlich aus einigen wenigen abgeänderten Individuen, die unter Tausenden von nicht abgeänderten leben. Diese numerisch geringen Anfänge müssten ja sofort durch die Kreuzung wieder beseitigt und mit der herrschenden Form vereinigt werden.

Offenbar war es dieser Gedanke, welcher Moritz Wagner veranlasste, das Migrationsgesetz [1]) und später die Separationstheorie [2]) aufzustellen, wonach es nur dann zur Speciesbildung kommen soll, wenn ein einzelnes keim-

1) Sitzungsberichte. 7. März 1868.
2) Sitzungsberichte. 2. Juli 1870.

erzeugendes Individuum oder ein geschlechtlich getrenntes Paar oder ein Keim (Same) vom Verbreitungsbezirk der Stammart räumlich sich lostrennt und auf einem neuen Standorte eine isolirte Kolonie gründet. Die Entstehung einer neuen Form könnte also nur an der Peripherie des Verbreitungsbezirkes der Stammform erfolgen, und die Stammeltern aller Varietäten und Arten wären Anachoreten gewesen. — Die in dieser Weise formulirte Theorie musste natürlich von Darwin zurückgewiesen werden, da sie die natürliche Zuchtwahl unwirksam macht. Doch ist er geneigt eine Concession zu gestatten und der Isolirung eine grössere Bedeutung beizulegen, als er es früher gethan hatte.

Mit viel Kritik ist der „Einfluss der Isolirung auf die Artbildung“ von Weismann[1]) beurtheilt worden. Er kommt von den Darwin'schen Theorien ausgehend, zu dem Schlusse, dass die Isolirung unter allen Bedingungen vortheilhaft, aber nur dann nothwendig sei, wenn die abändernden Eigenschaften morphologischer Natur, d. h. für den Kampf um das Dasein gleichgültig sind. Immerhin ist er der Ansicht, dass namentlich bei Pflanzen zahlreiche Beispiele für die Entstehung der Species durch die räumliche Trennung und Verhinderung der Kreuzung (Amixie) beizubringen sein dürften.

Fragen wir nun nach der Begründung dieser Behauptungen von M. Wagner und Weismann, so ist dieselbe eigentlich rein theoretischer Natur; denn Migration, Separation und Amixie waren zunächst Folgerungen aus gewissen Axiomen; erst nachträglich wurden für sie die Beispiele in der geographischen Verbreitung zusammengesucht. Ich bin weit entfernt, mich gegen ein solches Verfahren aussprechen zu wollen, und möchte damit nur andeuten, wie es kommt,

1) Leipzig. 1872.

dass die thatsächliche Grundlage die schwache Seite der genannten Theorien ist.

Die aus dem Pflanzenreiche beigezogenen Thatsachen, die ich allein vollkommen beurtheilen kann, sind äusserst dürftig. M. Wagner führt an, dass die Trennung nahe verwandter, sogenannter vikarirender Thierarten durch Flüsse oder Gebirge eine häufige Erscheinung sei, und dies soll auch für die Pflanzen gelten. Otto Sendtner führe für 60 Pflanzenarten in Bayern bestimmte Flussgrenzen an; noch bestimmter und ausgedehnter finde die Artentrennung auch im Pflanzenreiche durch Hochgebirge statt.

Der Nichtbotaniker, der sich nach diesen Angaben ein Bild von der Verbreitung der Pflanzen machen wollte, würde eine gänzlich unrichtige Vorstellung erhalten. Den Pflanzenformen wird bei ihrer Wanderung fast ohne Ausnahme nur durch ungünstige klimatische Verhältnisse, nicht durch mechanische Hindernisse ein Ziel gesetzt. Nur das Meer kann in ausgiebiger Weise als ein solches Hinderniss angesehen werden. Dagegen findet wohl keine einzige Pflanze an Flüssen und nur wenige an Gebirgszügen eine unüberschreitbare Schranke. Jede setzt leicht über den breitesten und reissendsten Fluss, indem ihre Samen oder Früchte regelmässig von den Winden und wenn sie ausnahmsweise schwer sind, doch von heftigen Stürmen, manche von Thieren am Pelz, am Gefieder oder im Magen, manche auch vom Wasser hinübergetragen werden [1]). Auch die Gebirge bilden

---

1) Die Berufung auf O. Sendtner (Vegetationsverhältnisse Südbayerns pag. 226) ist zwar buchstäblich richtig, beruht aber auf einem Missverständniss. Sendtner stellte sich die Frage, welche Pflanzenarten und wie weit dieselben von Osten, Süden, Westen und Norden nach Bayern hereinreichen und daselbst ihre Grenze finden Um ungefähr diese Grenze anzugeben, bedient er sich der Flüsse, welche hier nichts anderes sind als allgemeine geographische Bezeichnungen, ungefähr so wie man sonst auch sagt, eine Pflanze

nur selten in der Weise Grenzen für die Pflanzenformen, dass sie ihrer Weiterverbreitung ein mechanisches Hinderniss entgegenstellen. Die häufiger vorkommenden Arten treten in der Regel an beiden Abhängen auf. Pflanzen mit sporadischer Verbreitung können dem einen Abhange mangeln; aber sie beweisen nichts, weil sie auch auf grossen Strecken des andern Abhanges fehlen. Pflanzen der Ebene, die nicht über einen Gebirgszug hinwegsetzen, gehen auch da, wo derselbe endigt, nicht viel weiter.

Die Verbreitungsbezirke der Pflanzenformen haben überhaupt, soweit das feste Land reicht, nur eine klimatische und daher eine sehr unbestimmte Grenze. Während das Vorkommen im Innern des Areals häufig ein mehr geschlossenes ist, wird es an der Peripherie desselben immer spo-

gehe bis zu einem bestimmten Längen- oder Breitengrade. Dies ergibt sich aus dem ganzen Zusammenhange und mag schon aus dem Umstande klar werden, dass unter den 60 Arten mehr als die Hälfte Alpenpflanzen sind, für welche die Flüsse der Ebene, zuweilen auch ihre bachartigen Anfänge im Gebirge als Grenze gelten, — ferner aus dem Umstande, dass statt Donau auch der Ausdruck Donauzone gebraucht wird, — endlich wird es ganz evident aus dem wirklichen Vorkommen der einzelnen Pflanzen nach Sendtner's eigenen Angaben. So wird von demselben der Inn als Westgrenze von Saussurea pygmaea angeführt, für welche alpine Pflanze er zwei Standorte bei Berchtesgaden 8 geographische Meilen östlich vom Inn und einen Standort auf der Rothwand 3 Meilen westlich(!) vom Inn kennt; — ferner der Inn als Westgrenze von Senecio abrotanifolius, als dessen westlichste Standorte Geiglstein, Hochfelln und Sonntagshorn 2, 4 und 6 geographische Meilen östlich vom Inn angegeben sind; — ferner die Isar als Ostgrenze von Avena versicolor, welche häufig im Algäu etwa 10 geographische Meilen westlich von der Isar und auf 3 Standorten bei Partenkirchen 2 geographische Meilen von dem Flusse entfernt vorkommt; etc. etc. Es ist also klar, dass die Flüsse bei Sendtner nicht die Bedeutung einer unüberschreitbaren Schranke für die Pflanzenwanderung hatten, wie sie das Migrationsgesetz und die Separationstheorie bedürfen.

radisch, indem noch einzelne Kolonien 2 bis 10 und mehr Meilen von den übrigen Kolonien entfernt auftreten.

M. Wagner führt die sogenannten vikarirenden Arten als Beispiele von getrennten Verbreitungsbezirken und somit als Beweise für die Separationstheorie an. Was das Pflanzenreich betrifft, so bewohnen diese morphologisch einander nahe verwandten Arten nur ausnahmsweise räumlich getrennte Areale. In der Regel sind sie nur nach den einzelnen Standorten geschieden, indem die eine Form auf kalkarmen, die andere auf kalkreichen, die eine auf feuchteren, die andere auf trockneren, die eine auf tiefer gelegenen die andere auf höheren, die eine auf bewaldeten die andere auf waldlosen Lokalitäten vorkommt. Wo die verschiedenen Lokalitäten in einander übergehen, berühren sich die beiden Formen unmittelbar, wachsen wohl auch eine Strecke weit durcheinander; und auf der Längenausdehnung von einer Viertelstunde wechseln die beiden vikarirenden Formen oft ein halbes Duzend Mal mit einander ab. Ihre jetzige Verbreitung ist also weit davon entfernt, uns einen Beweis der separaten Entstehung zu geben.

Als Stütze für seine Theorie führt M. Wagner endlich an, dass die Pflanzen mit leicht fliegenden Samen oder mit Sporen, die durch Winde leicht verbreitet werden, oft ein grosses Areal bedecken und dass sie sich nicht verändern. Als Botaniker kann ich beidem die gewünschte Beweiskraft nicht zugestehen. Die Transportfähigkeit der Samen hat kaum einen Einfluss auf die Grösse der Verbreitungsbezirke, während sie allerdings einen ungeheuern Einfluss auf die Schnelligkeit der Verbreitung ausübt. Wir finden einerseits unter den Moosen sowie unter denjenigen Phanerogamen, deren Früchte mit Flügeln oder Federkronen begabt sind, viele Arten mit kleinstem, auf einen oder einige wenige Standorte beschränkten Areal, andrerseits Arten, deren grosse schwere Samen weder von Thieren noch von den Winden

fortgetragen werden, mit weiter Verbreitung. Was aber viel wichtiger und für die vorliegende Frage entscheidend ist, die Variabilität hängt nicht mit der Grösse des Areals zusammen. Es gibt viele Arten mit kleinem Verbreitungsbezirk, von denen anderwärts keine verwandten, sogenannten vikarirenden Arten vorkommen, und ferner solche, die in zahlreicher Vertretung über weite Länder verbreitet und doch im höchsten Grade vielförmig sind, wie z. B. einige Hieracien, Bromhersträucher etc.

Meine Einwürfe gegen die von M. Wagner angeführten Beispiele beziehen sich auf das Pflanzenreich. Ich masse mir nicht an, über die Richtigkeit der Behauptungen, welche das Thierreich betreffen, zu urtheilen. So viel aber scheint mir hinreichend klar, dass dieselben, ihre vollkommene Richtigkeit vorausgesetzt, wohl durch die Separationstheorie erklärt werden können, dass sie aber diese Theorie nicht verlangen, indem sie auf anderem Wege eine ebenso befriedigende Erklärung finden.

Statt eines weiteren Eingehens auf diesen Punkt möge es mir gestattet sein, einige allgemeine Bemerkungen über die Methode der Untersuchung betreffend die geographische Verbreitung der Lebeformen, wie sie für die Speciestheorie erforderlich ist, hier beizufügen. Ich werde dazu veranlasst durch die Art und Weise, wie das Vorkommen bei manchen Autoren, auch bei M. Wagner behandelt wird.

Die erste Bemerkung betrifft die Feststellung des Thatbestandes, dass eine Art oder Varietät auf einen bestimmten Bezirk beschränkt sei. In dieser Beziehung kann nicht genug Vorsicht empfohlen werden. Denn wenn es auch sehr leicht ist, aus den vorhandenen Beobachtungen zu sagen, wo eine Form vorkommt, so fällt es doch ungemein schwer, festzustellen, wo sie nicht vorkommt. Wir erleben es alle Tage, dass Pflanzen auf Standorten, in Gegenden, in Ländern gefunden werden, wo man sie früher nicht kannte. Es gilt

dies selbst für die fleissigst durchsuchten und bestgekannten Floren.

Ich will aus meiner eigenen Erfahrung einige Beispiele anführen. Die Rothwand bei Schliersee ist diejenige Partie der Alpen, welche am leichtesten von München aus erreicht werden kann, und welche wegen ihres Pflanzenreichthums am häufigsten von den Botanikern besucht wird. Ich war seit dem Jahr 1865 8 Mal, jedesmal für einige Tage dort, und zwar bloss um die Hieracien zu studiren. Meine Vorgänger waren O. Sendtner, der ebenfalls mehrmals dort verweilte und sein besonderes Augenmerk auf die Gattung Hieracium richtete, die er monographisch bearbeitete, und der vortreffliche Hieracienkenner Molendo, der unter anderm einmal mehrere Wochen in der Alphütte sich aufhielt. Trotzdem habe ich den früheren Fünden noch mehr als ein halbes Dutzend neuer sehr chakteristischer und auffallender Formen hinzufügen können, wie z. B. H. humile, H. stoloniflorum W. K. (non Auct.) = H. versicolor Fr. etc. Und doch bin ich bis jetzt nur den breitgetretenen Wegen meiner Vorgänger gefolgt, und habe die von ihnen vernachlässigten Partieen des Berges ebenfalls gemieden. Selbst der letzte Besuch ergab auf zwei von mir und andern früher fleissig durchforschten Standorten wieder eine neue sehr bemerkenswerthe Form.

Unweit der Passhöhle des Splügen ist ein Hieracienreicher Standort von geringer Ausdehnung, wo Villars sein H. acutifolium (= H. sphaerocephalum) und sein H. fuscum entdeckte. Derselbe hat in jeder Richtung ungefähr einen Durchmesser von 20 Minuten. Ich war in 3 verschiedenen Sommern im Ganzen 6 Male dort und habe jedesmal mehrere Stunden auf die Durchforschung verwendet. Beim letzten Besuch fand ich noch eine früher nicht beobachtete Hieracienform.

Während 3 Sommern habe ich mich zusammen 63 Tage

in Hinterrhein aufgehalten und fast die ganze Zeit auf den ebenfalls von Villars her berühmten Valserberg verwendet. Der untersuchte Abhang steigt ungefähr 3000 Fuss (970 Met.) über die Thalsohle empor und hat eine Länge von 1½ Stunden. Ich achtete ausschliesslich auf Hieracien; mein Sohn, der mich begleitete, half mir mit scharfen Augen suchen und sammeln. Es wurden fortwährend neue Formen entdeckt, und nach neunwöchentlicher unausgesetzter Arbeit möchte ich mir doch nicht anmassen, von den meisten in Graubünden wachsenden alpinen Hieracienformen zu behaupten, dass sie nicht an dem erwähnten Abhange vorkommen.

Die Hieracien sind fusshohe Pflanzen und zur Blüthezeit von Weitem sichtbar. Untersuchungen über die Verbreitung von Käfern und andern Insekten scheinen mir noch viel mehr Mühe und Zeit zu erfordern und mit grösseren Schwierigkeiten verbunden zu sein. Ich kann mich daher einiger Zweifel nicht erwehren, wenn M. Wagner nach den auf einer Reise gemachten Wahrnehmungen ein Urtheil über die räumliche Trennung von Käferarten durch Flüsse und Gebirge abgibt, ohne dasselbe genauer zu motiviren.

Es ist eine nicht unbeliebte Sitte, Beispiele für verschiedene Behauptungen betreffend die Speciesbildung aus den Floren und Faunen ferner Welttheile zu holen, fast als ob man das ungenau und oberflächlich Bekannte besser brauchen könnte, als die bis ins Einzelne erforschten und kritisch festgestellten Thatsachen aus der Heimath. Ich halte es für eine begründete Forderung einer gewissenhaften Kritik, dass man sich rücksichtlich der Verbreitung der Organismen ausschliesslich oder wenigstens ganz überwiegend an Beispiele aus Mitteleuropa und zwar selbstverständlich aus den von der Kultur wenig veränderten Gebirgsgegenden halte. Nicht nur steht hier ein reiches Material in der Literatur zu Gebot, sondern man besitzt auch die Möglichkeit, dasselbe durch eigene Beobachtung zu berichtigen und zu ergänzen, und

was noch wichtiger sein dürfte, man setzt Jedermann in den Stand, die vorgebrachten Thatsachen zu prüfen nnd man ermöglicht damit eine fruchtbringende Discussion und eine endgiltige Entscheidung. Ueberdem bewegt man sich hier mit Rücksicht auf verschiedene für die Schlussfolgerung oft unentbehrliche Momente — wie Verbreitung der Lebeformen im Allgemeinen, Beschaffenheit des Bodens und Klimas, Geschichte der vorausgegangenen geologischen und geographischen Veränderungen, frühere Wanderungen der Organismen, — auf einem möglichst erforschten und bekannten Gebiete während man in Asien, Afrika, Südamerika, Australien sozusagen auf einer terra incognita herumtappt.

Eine zweite Bemerkung, die ich mir erlaube, betrifft die Folgerung, die man aus dem Thatbestande der Verbreitung zieht. Um aus dem separirten Vorkommen zweier naheverwandter Formen auf isolirte Entstehung schliessen zu können, muss noch der Beweis oder wenigstens eine grosse Wahrscheinlichkeit beigebracht werden, dass die beiden Formen die Wohnsitze seit ihrer Entstehung nicht verändert haben. Denn es wäre ja möglich, dass sie gesellschaftlich entstanden wären, aber nachher durch Migration sich getrennt hätten. M. Wagner führt die sogenannten vikarirenden Formen für seine Theorie als Beweis auf, ohne die soeben aufgeworfene Frage zu berühren. Nun können wir aber mit viel grösserer Berechtigung die Behauptung aufstellen, dass die meisten vikarirenden Pflanzenarten schon vor der Eiszeit existirten, dass sie somit nach ihrer Entstehung zwei grosse Wanderungen, die eine mit dem Eintreten, die andere mit dem Aufhören jener kalten Periode ausgeführt haben, und dass daher ihr jetziges Vorkommen eine Folge der Migration sei und mit demjenigen bei ihrer Entstehung nichts zu thun habe. Jedenfalls müssen, wenn es sich um die Ursachen der geographischen Verbreitung von Pflanzen und Thieren in Europa und Nordafrika handelt,

immer die Wirkungen unserer letzten Eiszeit berücksichtigt werden, und für alle andern Gebiete der Erdoberfläche ist jedesmal die Frage aufzuwerfen, welcher Zeitraum annähernd wohl seit der letzten grossen Veränderung im Klima (durch eine Eiszeit oder irgend eine andere Ursache) verstrichen sei. Dann muss erst für jeden einzelnen Fall mit Beiziehung aller Umstände, die über die Entstehung Aufschluss geben können, die weitere Frage geprüft werden, ob diese Entstehung mit Wahrscheinlichkeit vor oder nach der letzten Wanderung statt gefunden habe.

Eine dritte Bemerkung soll sich noch auf die genetische Bedeutung der Lebeformen beziehen. Ich habe in einer früheren Mittheilung [1]) gezeigt, dass man zweierlei Formen unterscheiden muss, constante, die durch innere Ursachen entstehen, und Localformen, welche das unmittelbare Product der äussern Einflüsse sind. Die letzteren sind für die Entstehung der Species ganz ohne Bedeutung. Ihre Merkmale erlangen, wenn sie durch eine noch so lange Generationenreihe unverändert geblieben, nicht die geringste Constanz; denn bei der Verpflanzung auf einen andern Standort verliert die Lokalform im ersten Jahre vollständig die ihr von dem früheren Standorte aufgedrückten Merkmale und nimmt diejenigen der neuen Lokalität an. Man muss also, ehe man zwei räumlich getrennte Formen für die Theorie der Speciesbildung verwendet, vorher durch das Experiment erproben, welche Bedeutung ihre Verschiedenheiten haben.

Ich gehe nun zur Darlegung der Ergebnisse meiner eigenen Beobachtungen über. Betrachten wir zuerst das Vorkommen nahe verwandter Pflanzenformen im Grossen

1) Sitzung vom 18. November 1865.

und Ganzen so können wir sagen, dass sie im Allgemeinen ein gesellschaftliches Leben führen, in der Weise, dass die Kreuzung zwischen ihnen in ausgiebigstem Maase möglich ist. Die Vergesellschaftung tritt, wie ich schon in einer frühern Mittheilung[1]) dargethan habe, in doppelter Art auf. Entweder wachsen die beiden verwandten Formen auf dem nämlichen Standorte durcheinander, oder sie sind auf verschiedene Standorte getrennt, indem sie da wo der eine Standort in den andern übergeht, bloss sich berühren oder auf einer Uebergangszone mit einander gemengt sind. Ich habe ersteres Vorkommen, welches das viel häufigere ist, das synöcische, letzteres das prosöcische genannt.

Die prosöcischen Formen sind sogenannte vikarirende; sie vertreten einander gleichsam auf verschiedenen Standorten. Die Prosoecie entsteht dadurch, dass von den neben einander liegenden verschiedenen Combinationen äusserer Verhältnisse diese für die einen, jene für die andere Form günstiger sind. Die prosöcischen oder vikarirenden Formen wechseln oft auf kleine Distanzen wiederholt mit einander ab, was dann möglich ist, wenn die wechselnde Bodenbeschaffenheit massgebend ist. Auf einem Boden von mittlerer Beschaffenheit können die sonst prosöcischen Formen synöcisch (gemengt mit einander) auftreten.

Im Ganzen zeigen nahe verwandte Formen viel häufiger ein synöcisches Vorkommen, so dass vielleicht nicht mehr als 5 Prozent prosöcisch sind; aber die letzteren machen sich durch den auffallenden Wechsel in ihrem Vorkommen viel mehr bemerkbar als die ersteren. Beachtenswerth ist auch, dass nach allen meinen bisherigen Beobachtungen die Prosoecie für die allernächsten Verwandtschaftsgrade (schwächere und bessere Varietäten) ausgeschlossen scheint und nur für einen weiteren Verwandtschaftsgrad

1) Sitzungsberichte, 10. März 1866.

(nahe verwandte Arten wie die beiden Rhododendron unserer Alpen, Achillea moschata und atrata, Primula officinalis und elatior, Prunella vulgaris und grandiflora etc.) eintreten kann, während sie für die noch weiteren Verwandtschaftsgrade wieder aufgehoben ist.

Die synöcischen und prosöcischen Formen stimmen darin mit einander überein, dass sie die gegenseitige Kreuzung gestatten, die letzteren allerdings nur in einer Grenzzone, wo sich ihre Standorte berühren und die so weit reicht, als die befruchtenden Insekten gewöhnlich herumfliegen. Sind die Standorte klein, so gehören sie ganz der Kreuzungszone an. Wir können die synöcischen und prosöcischen Formen zusammen als gesellige oder cönobitische bezeichnen. Den Gegensatz bilden die eremitischen, separirten, isolirten, oder telöcischen Formen, wie ich sie früher genannt habe.

Der Cönobitismus nun gilt nicht nur als Regel für die nahe verwandten Pflanzenformen überhaupt sondern auch für jeden einzelnen Verwandtschaftsgrad derselben. Wir finden auf dem gleichen Standorte vereinigt die allergeringsten Varietäten wie z. B. Cirsium heterophyllum mit ungetheilten und fiedertheiligen Blättern, Hieracium silvaticum (H. murorum Auct.) mit oder ohne Stengelblatt, — etwas bessere Varietäten, wie z. B. Hieracium Hoppeanum mit unterseits bleicheren und mit unterseits intensiv rothgestreiften Randblüthen, roth und weiss blühende Campanula, — noch bessere Varietäten oder die schwächsten Arten wie z. B. Hieracium alpinum mit Haaren und kleinen Drüsen und die neue Form H. holadenium bloss mit Drüsen (ohne einfache Haare), Campanula rotundifolia mit kahlen und Var. velutina mit kurzhaarigen grauen Blättern, — ferner etwas bessere und endlich gute Arten. Ich könnte den Cönobitismus jedes einzelnen Verwandtschaftsgrades mit zahlreichen Beispielen belegen. Es ist dies überflüssig, da die Thatsachen ohnedem jedem

aufmerksamen Botaniker bekannt sind, oder wenn es nicht der Fall sein sollte, doch jedem, der darnach ausgeht, sofort in Menge entgegentreten werden.

Dabei ist fast selbstverständlich, dass von zwei cönobitischen Formen (A und B) die eine oder andere auch eremitisch auftreten kann; man findet z. B. A und B auf 12 Standorten gesellig, A auf 3, B auf 1 weitern Standort isolirt. Betreffend dieses doppelte Vorkommen ist als sehr deutliche und durch zahlreiche Beispiele belegte Regel bemerkenswerth, dass die cönobitischen Formen um so häufiger auch eremitisch vorkommen, je mehr sie verwandtschaftlich auseinander gehen. Unter den allernächsten Verwandtschaftsgraden (Varietäten) gibt es solche, die, wie es scheint, nie isolirt leben, so dass man also immer A und B beisammen findet. Häufig ist dann von zwei Varietäten die eine in viel grösserer Individuenzahl vertreten als die andere; jene kommt auch allein vor, diese bloss in Gesellschaft mit jener; Letzteres gilt z. B. für viele, vielleicht für alle weissblühenden Varietäten von rothen Arten.

Wenn ich sage, dass der Cönobitismus nahe verwandter Formen Regel sei, so will das natürlich nicht heissen, dass alle unter einander nahe verwandten Formen gesellig beisammen wohnen, sondern nur, dass dieselben gruppenweise vereinigt sind. Die von einander getrennten Verbreitungsbezirke oder Standorte beherbergen nicht einzelne Eremiten, sondern eremitische Gruppen von Cönobiten. Von 9 nahe verwandten Formen (A, B, C, D, E, F, G, H, I) kommen z. B. A, E und H an einem Orte, B, D, G und I an einem andern Orte und C mit F an einem dritten Orte gesellig vor.

Die angeführten Thatsachen sprechen ganz entschieden gegen die Theorien der Separation und Amixie und weisen im Gegentheil deutlich auf ein geselliges Entstehen hin.

Das gesellschaftliche Beisammenwohnen nahe verwandter Pflanzenformen war mir schon durch meine Untersuchungen

in den Jahren 1864, 1865 und 1866 als allgemeine Regel klar geworden, und ich habe in meinen damaligen Mittheilungen in der mathematisch-physikalischen Classe wiederholt davon gesprochen. Allein es blieb mir durchaus zweifelhaft, wie die Thatsache für die Speciesbildung zu verwerthen sei, da sie sich im Widerspruche mit anderen unbestrittenen und wie mir schien sicheren Annahmen befand. Wie war es möglich, dass zwei und mehrere nahe verwandte Formen auf dem gleichen Standort durcheinander, also vollkommen unter den gleichen äusseren Verhältnissen vorkamen, ohne dass die stärkere die schwächeren im Kampfe um das Dasein, der gerade hier sehr intensiv sein müsste, verdrängte und allein übrig blieb? Oder wenn allenfalls bei nächster Verwandtschaft noch keine Verschiedenheit in den Ansprüchen, somit noch kein Kampf und kein Verdrängen bestehen sollte, wie war es möglich, dass die dann ungehemmt wirkende Kreuzung die wenig verschiedenen Formen in eine einzige verschmolz?

Da machte ich im Sept. 1867 bei einem Ausflug auf die Rothwand eine mein Interesse im höchsten Grade erregende und in ihren Folgen sehr fruchtbare Beobachtung. Auf dem ganzen Gebirgsstocke wächst auf trockenen steinigen mit wenig Gras bewachsenen Stellen und an Felsen häufig Hieracium villosum. Auf einem sonnigen, felsigen und rasenlosen, steil abschüssigen Standorte, der mit etwas Klettern zu erreichen ist, stehen dagegen zwei untereinander und mit H. villosum sehr nahe verwandte Formen. Dieselben verhalten sich in den meisten Merkmalen so zu einander, als ob H. villosum ihre Zwischenform wäre; die eine (H. villosissimum) geht in der längeren und reicheren Behaarung, in den grösseren Köpfen und den stärker abstehenden und längeren Hüllschuppen soweit über H. villosum hinaus, als die andere (H. elongatum) in der schwächeren und kürzeren Behaarung, in den kleineren Köpfen und den kürzeren,

weniger abstehenden Hüllschuppen hinter demselben zurückbleibt. Beide Formen unterscheiden sich aber gemeinsam von H. villosum durch höheren, mehr aphyllopoden Stengel und spätere Blüthezeit. Beide Formen sind auf diesem Standorte (anderswo habe ich sie auf der Rothwand nicht gesehen) ungefähr in gleicher Zahl, jede in mehr als 1000 Stöcken vorhanden; sie sind vollständig untereinander gemengt, nicht etwa truppweise separirt. H. villosum mangelt daselbst gänzlich. Auch war es mir nicht möglich, eine einzige Zwischenform zwischen H. villosissimum und H. elongatum, welche als Bastard hätte gedeutet werden können, aufzufinden. Ich habe seitdem den Standort bei jeder Excursion auf die Rothwand besucht und immer den ersten Befund constatirt.

Diese Beobachtung zeigte mir deutlich, dass die beiden Formen das verwandte H. villosum von ihrem, demselben im Uebrigen angemessenen Standorte verdrängten, dass sie aber einander selbst nicht zu verdrängen im Stande waren. Sie brachte mich auch betreffend die Entstehung dieser Formen naturgemäss auf die Vermuthung, es möchten aus dem ursprünglich allein vorhandenen H. villosum sich nach entgegengesetzten Seiten hin abweichende Varietäten gebildet haben, welche durch gemeinsamen Kampf die Mutterform und ebenso alle Zwischenformen, die sich durch die Kreuzung nothwendig bilden mussten, zu verdrängen vermochten. Ich glaubte also an die Möglichkeit, dass hier ein Fall von Formenbildung seit der Eiszeit vorliegen könnte. Ich bemerke noch, dass H. villosum, H. villosissimum und H. elongatum morphologisch so weit von einander abweichen, dass sie nach den einen Autoren Varietäten einer Art, nach andern aber verschiedene Arten darstellen. Sie sind etwas besser geschieden als die schwächsten Hieracium-Arten von Froelich und von Fries und nahezu ebenso gut als einige der leichtesten Arten von Koch und von Grisebach.

Sowie nun meine Aufmerksamkeit eine bestimmte Richtung gewonnen hatte, gelang es mir unschwer, eine Menge analoger, wenn auch äusserlich mehr verdeckter Fälle in der Gattung Hieracium zu beobachten. Die Thatsachen sind in Kurzem folgende. Auf dem nämlichen Standorte kommen zwei Varietäten oder nächstverwandte Arten räumlich vollkommen durcheinander gemengt vor; sie sind in den Merkmalen meist scharf geschieden und ohne Zwischenglieder, zuweilen mit einzelnen, äusserst spärlichen, selten mit zahlreicheren Mittelformen, die man ohne Zweifel als Bastarde betrachten kann. Aehnliche oder andere Zwischenformen finden sich dagegen auf andern Lokalitäten. Die letzteren halten mit Rücksicht auf einzelne wichtige Charaktere bald die Mitte zwischen jenen beiden Arten oder Varietäten; bald nähern sie sich einer derselben mehr oder weniger, während sie meistens in anderen Merkmalen von beiden abweichen. Sie können auch einer der beiden Formen äusserst nahe kommen und fast identisch mit derselben sein. Diese von jenem verwandten Paar getrennt lebenden Formen können entweder eremitisch oder mit anderen verwandten Formen cönobitisch auftreten.

Statt eines Paares von Varietäten oder nächst verwandten Arten kommen manchmal auch 3, 4 und 5 derselben auf einem Standorte beisammen vor. Dann sind aber, soweit meine Beobachtungen bis jetzt reichen, zwei derselben einander näher verwandt.

Zur Erläuterung dieser cönobitischen schwachen Arten oder guten Varietäten dienen andere gesellig lebende Formen, die einander noch näher stehen und die bis zu den leichtesten Varietäten und bis zu individuellen Verschiedenheiten sich abstufen. Es liegen also von der individuellen bis zur specifischen Verschiedenheit alle möglichen Entwickelungsstadien an cönobitischen Formen vor; und es wird dadurch die Annahme, dass die Species gesellig entstehen und gesellig

sich ausbilden, äusserst nahe gelegt. Indessen ist damit nur erst eine Möglichkeit ausgesprochen. Es muss noch die Nothwendigkeit oder wenigstens die grosse Wahrscheinlichkeit dieser Deutung kritisch festgestellt werden.

Um bestimmte Schlüsse aus den angeführten Thatsachen zu ziehen, müssen wir zuerst wissen, ob die Geselligkeit der cönobitischen Formen eine dauernde oder bloss eine vorübergehende sei? Man könnte sagen, die Formen, die wir jetzt gerade auf einem Standort vereinigt finden, seien erst seit kurzer Zeit beisammen; die Pflanzen änderten ihren Wohnort und jede von ihnen sei bald mit diesen bald mit jenen cönobitisch. Eine solche Behauptung könnte wohl für das der Kultur anheimgefallene Areal mit Grund aufgestellt werden. Hier ist es augenscheinlich, wie die Vegetationen wechseln. Mit den Kulturpflanzen werden fortwährend viele Unkräuter eingeführt. Und wenn dies auch nicht der Fall ist, so verändern sich mit der Kultur doch die äusseren Bedingungen. Der Wald wird umgehauen und wächst dann wieder langsam auf. Die Düngung verändert den Boden; die dem Boden in den Ernten entzogenen Stoffe verändern ihn nicht minder. Die fortschreitende Entwaldung modifizirt die Feuchtigkeitsverhältnisse der Luft und des Bodens etc.

Man muss also für brauchbare Untersuchungen das Kulturareal unberücksichtigt lassen. Man darf nur solche Lokalitäten zur Beobachtung wählen, welche durch die Kultur keine Veränderungen erfahren haben, wie Seen, Flüsse, Sümpfe, Sandhaiden und Felsen in der Ebene, vorzüglich aber Gebirge und namentlich die höhern, über der Baumgrenze liegenden Gebirgsregionen. Wenn es auch hier, mit Ausnahme der spärlich mit Vegetation besetzten Lokalitäten über der Schneegrenze, vielleicht keine Stelle gibt, die nicht von Schafen und Ziegen besucht wird, so können wir doch annehmen, dass eine Umwandlung der äusseren Verhältnisse durch die Kultur nicht stattgefunden habe, weil die Schafe und Ziegen

der historischen Zeit wohl keine andere Wirkung auf die Vegetation ausüben als in der vorhistorischen Zeit die damals häufigeren Gemsen, Steinböcke und Murmelthiere.

Ich habe aus den angegebenen Gründen meine Beobachtungen grösstentheils in den Alpen und daselbst vorzugsweise in einer Höhe über 5000′ (1620 Met.) angestellt. In tiefern Regionen hielt ich mich ausschliesslich an solche Standorte, von denen ich mit einigem Grunde annehmen konnte, dass sie seit sehr langer Zeit keine Veränderung erfahren haben.

Wenn aber auch die Lokalitäten die nämlichen geblieben sind, so könnte man doch den Einwand machen, dass ihre Vegetation durch die Pflanzenwanderung sich fortwährend verändern werde, und man könnte daran erinnern, dass ja die Pflanzen sehr leicht wandern, da ihnen für den Transport der Samen verschiedene sehr wirksame Mittel gegeben sind. Ein solcher Einwurf wäre aber durchaus ungegründet. Als das Klima der Eiszeit in unser jetziges Klima sich umänderte, fand eine grossartige Wanderung der ganzen Vegetation statt. Dieselbe musste aber bald beendigt sein, die Pflanzen mussten ziemlich rasch das ihnen durch den Kampf mit allen übrigen Concurrenten bestimmte Areal erringen; und zwar musste dieses Ziel um so schneller erreicht werden, je rascher ihre Wanderung vor sich geht. Sobald sie dieses Areal inne hatten, so war ein stationärer Gleichgewichtszustand erreicht. Von jetzt an konnten nur noch unbedeutende Schwankungen in der Vertheilung der Gewächse eintreten, insofern Schwankungen in den klimatischen Verhältnissen (Jahre mit ungleichen mittleren und extremen Temperaturen, mit ungleichen feuchten Niederschlägen etc.) oder Veränderungen in den Bodenverhältnissen (durch Bergstürze, Ueberschwemmungen, Lawinen etc.) sie veranlassten. Wie schnell die wandernden Pflanzen sich über grosse Gebiete ausbreiten und zu einem stationären

Zustand des Wohnsitzes gelangen, sehen wir aus vielen Beispielen von Arten, die sich in historischer Zeit in fremden Welttheilen einbürgerten.

Von einer jetzt noch thätigen Pflanzenwanderung kann also nicht die Rede sein. Zwar werden die Samen einer jeden Pflanzenform jährlich über ihren Verbreitungsbezirk hinausgeführt. Aber das geschah auch schon vor 1000, vor 10,000 Jahren und früher, und wenn sich die betreffende Form mehr Terrain erobern könnte, so wäre es längst geschehen. Hieracium Hoppeanum kommt in der ganzen östlichen Alpenkette vor; es geht westlich bis Andermatt und endigt daselbst mitten im Urserenthal [1]). Diese Grenze muss es schon seit längster Zeit gehabt haben und es muss sie auch für die Zukunft behalten, wenn nicht wirksame klimatische Veränderungen eintreten. — Eine etwelche Verschiebung der Pflanzenformen ist bei gleich bleibenden äussern Verhältnissen nur möglich, insofern neue Formen entstehen und alte verschwinden, denn die neuen werden eine andere Verbreitungsfähigkeit besitzen als diejenigen, an deren Stelle sie treten. Diese Verschiebung der Pflanzenformen setzt also die erfolgte Bildung neuer Formen voraus; sie kann demnach nicht in Betracht kommen, wo es sich erst um in der Entstehung begriffene Formen handelt und hat auch keine Anwendung für viele Fälle des Cönobitismus, die für die Speciesbildung besonders wichtig sind.

Dass die cönobitischen Formen nicht etwa blos vorvorübergehend vereinigt sind, ergibt sich übrigens auch besonders aus der Art ihres Vorkommens. Eine Menge von Beispielen lassen sich unter eine der folgenden 5 Kategorien bringen.

1) Die Angabe Christener's, dass diese Pflanze bei „Nufenen im Wallis" wachse, ist unrichtig und wurde durch eine Verwechselung von Nufenen im Rheinwald mit dem gleichnamigen Pass im Oberwallis veranlasst.

1. Eine Pflanzenform A ist über ein grosses Gebiet verbreitet; mitten in demselben wächst mit A an einer oder einigen wenigen benachbarten Stellen die verwandte und sonst nicht vorkommende Form B. — Hieracium alpinum ist durch die ganze Alpenkette eine sehr häufige Pflanze. Man findet es auf allen Bergen von 5500 und 6000′ (1790 und 1950 Met.) an aufwärts, wenn die Unterlage nicht etwa Kalk mit bloss dünner Humusdecke ist. Im Rheinwald (in Graubünden) kommt cönobitisch mit demselben auf zwei Standorten H. holadenium vor, das ich schon oben als Beispiel einer guten Varietät oder schwachen Art erwähnt habe. Anderwärts ist es bis jetzt nicht gefunden worden und mangelt auch sehr wahrscheinlich, da es als eine ausgezeichnete Pflanze nicht übersehen werden konnte. H. holadenium muss mit H. alpinum seit der Eiszeit im Rheinwald leben oder was wahrscheinlicher ist, es muss seit jener Epoche aus H. alpinum entstanden sein.

2. Eine Pflanzenform A ist über ein grosses Gebiet verbreitet. Innerhalb dieses Gebietes findet sich cönobitisch mit A die verwandte Form B auf verschiedenen Standorten, welche ihrer Lage nach eine Einwanderung höchst unwahrscheinlich und selbst unmöglich erscheinen lassen. Als Beispiel führe ich Hieracium macranthum (H. Hoppeanum Var.) an, welches gemeinschaftlich mit H. Pilosella auf der Garchingerhaide bei München und auf dem Lechfelde bei Augsburg lebt, wo es nach der Eiszeit zurückgeblieben ist. Ich habe hievon schon in einer frühern Mittheilung (18. Nov. 1865) gesprochen.

3. A und B sind beide cönobitisch über ein grosses Gebiet in Menge verbreitet, indem sie fast überall entweder synöcisch oder prosöcisch vorkommen. Die beiden Alpenrosen (Rhododendron ferrugineum und Rh. hirsutum) [1], Achillea atrata und A. moschata [1]), Hieracium Pilosella und

1) Sitzungsberichte, 15. Dec. 1865.

H. Hoppeanum in den Alpen östlich vom St. Gotthard, Hieracium alpinum und H. rhaeticum etc. wohnen seit der Eiszeit beisammen.

4. A und B kommen mit einander auf einem für die Einwanderung unzugänglichen, inselartigen Gebiet vor und müssen daselbst seit der Eiszeit beisammen gelebt haben. Als solche Gebiete sind zu betrachten wirkliche Inseln, die weit genug von den Continenten entfernt sind, Berge oder Gebirgsgipfel, Sümpfe, Seen in hinreichender Entfernung von ähnlichen Lokalitäten, wo A und B wirklich vorkommen.

5. Auf einem begrenzten Standorte kommen die nahe verwandten Formen A und B durcheinander vor. Anderwärts finden sie sich nicht in der gleichen Modification, sondern mehr oder weniger abgeändert als A′, A″ .... und B′, B″ .... Wir sind gezwungen anzunehmen, dass A und B seit der letzten grossen Wanderung beisammen sind, oder dass sie sich in der Geselligkeit aus A′, B′ etc. umgewandelt haben. Ich werde später noch weitläufiger von diesem interessanten und wichtigen Factum sprechen.

Wenn es nun sicher ist, dass die cönobitischen verwandten Formen nicht durch spätere Wanderung zusammengekommen sind, so ergibt sich die fernere Frage, ob der in ihren Merkmalen ausgesprochene Abstand zwischen ihnen während ihrer Geselligkeit unverändert geblieben ist oder ob er sich geändert hat. Die Aenderung gestattet wieder eine doppelte Möglichkeit; entweder ist der Abstand grösser oder kleiner geworden. Entweder divergiren die beiden Formen und müssen somit in früherer oder späterer Vergangenheit von einem gemeinsamen Ursprung ausgegangen sein, oder die beiden Formen convergiren und werden in früherer oder späterer Zukunft zusammenfliessen.

Diese Fragen sind nicht leicht mit gehöriger Motivirung zu beantworten. Man steht vor der Schwierigkeit, die sich jedesmal darbietet, wenn eine sehr langsame Bewegung von

einer kurzen Beobachtungszeit aus beurtheilt werden soll. Wenn ein Reisender an einen unbekannten See kommt, von dem er nicht weiss, ob ein Ausfluss vorhanden ist und wo derselbe sich befindet, so bleibt er im Zweifel, ob das Wasser stille stehe, ob es sich nach rechts oder links bewege. Wenn man Einem, der nie eine Uhr gesehen hat, den Stundenzeiger weist, so wird er, nachdem er eine Minute lang hingesehen hat, nicht wissen, ob derselbe unbeweglich sei oder ob er sich langsam rechts oder links herumdrehe. Was aber eine Minute für den Stundenzeiger der Uhr ist, das sind für eine Pflanzenform die 30 oder 40 Jahre, während welcher ein Botaniker sie auf einem Standorte beobachten kann oder selbst die 200 und 300 Jahre Geschichte, welche er mit Hülfe getrockneter Exemplare construiren kann, die von früheren Botanikern gesammelt wurden und in den Herbarien aufbewahrt sind. Man wird für diese Zeit in der Regel keine bemerkbare Veränderung zu constatiren vermögen.

Wir können uns zuerst auf einen ganz allgemeinen Standpunkt stellen und die Frage aufwerfen, ob seit der letzten grossen, mit dem Erlöschen der Eiszeit verbundenen Wanderung überhaupt Umbildungen der organischen Formen stattgefunden haben. Man könnte die Behauptung aufstellen, es seien die jetzt lebenden Formen alle schon vor der Eiszeit entstanden, ihre jetzige geographische Verbreitung sei daher nur die Folge der Wanderung und ohne Beziehung zur Entstehung, welche unter einer früheren und ganz andern Verbreitung erfolgte. Eine solche Behauptung würde nicht gegen die Transmutationslehre im Allgemeinen verstossen. Denn man mag der letztern irgend eine Gestalt geben, so wird man immer zugestehen müssen, dass die Lebeformen während eines sehr langen Zeitraums, der sich bis zur Eiszeitferne (von der Eiszeit bis jetzt) ausdehnen kann, in ihren Merkmalen unverändert bleiben können, um dann plötzlich

in eine Periode der Umwandlung einzutreten. Wollte man nun diese, wie mir scheint, unbestreitbare Annahme so formuliren, dass man sagte, der Stillstand in der Entwickelung treffe alle Pflanzen- und Thierformen gleichzeitig, so hätte man die vorhin erwähnte Behauptung von allgemeinen kürzeren Umbildungsperioden, auf welche lange Ruheperioden folgten. Allein dagegen sprechen mancherlei Gründe, welche uns zeigen, dass bei den verschiedenen Formen sowohl die Perioden der Ruhe als die der Umwandlung eine ungleiche Dauer haben, und so vertheilt sind, dass zu jeder Zeit die Transmutation in einer kleinen Zahl von Formen thätig ist, während sie bei der grösseren Zahl ruht. Ich werde in einem folgenden Vortrage diese Frage mit Rücksicht auf andere Momente näher erörtern und heute nur Thatsachen aus den Vorkommensverhältnissen anführen, welche uns beweisen, dass seit der Eiszeit wirklich Umwandlungen stattgefunden haben.

Vorher will ich noch zwei Thatsachen kurz besprechen, welche man für die Stabilität der Formen seit der Eiszeit geltend machte. Die erste besteht in den fossilen Ueberresten, welche nach dem Urtheil der Palaeontologen beweisen, dass die Vegetation während des Diluviums die gleiche war wie jetzt, und dass die nämlichen Arten und Varietäten damals gelebt haben. Selbst während der Tertiärzeit sollen gewisse unserer jetzigen Pflanzenarten (nach Unger z. B. immergrüne Eichen) schon existirt, andere seitdem eine nur geringe Umbildung erfahren haben.

Doch dürfen wir aus paläontologischen Beobachtungen nicht mehr schliessen, als wirklich daraus folgt. Sie zeigen uns in dem vorliegenden Falle bloss, dass die beobachteten Pflanzenarten, die einen kleinen Bruchtheil der Flora ausmachen, keine sehr bedeutende Umwandlung erlitten haben, schliessen aber geringere Veränderungen an denselben nicht aus und beweisen nichts bestimmtes für alle übrigen Pflanzen.

Die fossilen vegetabilischen Reste aus dem Diluvium sind sehr mangelhaft, sie bestehen in einzelnen schlecht erhaltenen Theilen (Stengel, Blätter, Früchte); sie lassen im besten Fall die Identität der Gattung oder Gattungsection (Species im weitesten Sinne) erkennen. Von einer weiter gehenden Vergleichung kann keine Rede mehr sein. Die Unterscheidung der näher verwandten lebenden Species gründet sich auf eine Gesammtheit von vielen Merkmalen, von denen bei den fossilen Resten die Mehrzahl und darunter gerade die wichtigsten mangeln. Wenn wir aus frischen Blättern, Stengelstücken, Früchten, die noch alle Eigenschaften intact besitzen, allein die Species nicht zu erkennen vermögen, wie sollten wir es können aus den vorweltlichen Organen, die ihre charakteristischen Eigenschaften meist verloren haben. Es ist daher nicht zu viel behauptet, wenn ich für den Zeitraum von dem Diluvium bis auf jetzt den Satz aufstelle, dass durch die paläontologischen Erfahrungen eine Veränderung der Pflanzenformen in nächstverwandte Species oder in gute Varietäten nicht im Geringsten ausgeschlossen ist.

Die andere Thatsache, welche für die Stabilität der Formen seit der Eiszeit angeführt wird, betrifft diejenigen Pflanzen und Thiere, welche jetzt zugleich in Gebieten vorkommen, zwischen denen die Wanderung seit jener Epoche unmöglich war. Der hohe Norden, die Alpen, die Pyrenäen, selbst der Harz, das Riesengebirge, die Vogesen sind so weit von einander entfernt, dass der Transport von Samen aus dem einen dieser Gebiete in ein anderes sehr unwahrscheinlich ist. Demgemäss beherbergt jedes dieser Gebiete manche Pflanzen, die den andern mangeln. Es gibt aber auch Formen, welche zweien oder mehreren derselben gemeinsam sind. Man erklärt die letztere Thatsache wohl mit Recht so, dass die jetzt mangelnde Communication zur Eiszeit bestanden habe. Von den jetzt zugleich auf den Alpen und im hohen Norden lebenden Pflanzen sind die

einen im Norden entstanden und zur Eiszeit auf die Alpen gelangt, die andern haben die entgegengesetzte Wanderung ausgeführt.

Vergleichen wir nun die Vegetationen zweier solcher jetzt isolirter Gebiete genauer mit einander, so erscheinen manche Pflanzenformen ganz identisch, während andere geringe Abweichungen zeigen und als schwächere oder bessere Varietäten unterschieden werden können. Es verhalten sich daher die Pflanzenformen auf den Alpen und im hohen Norden bald wie A: A, bald wie A: A', und wir werden zu der Annahme geneigt sein, dass im ersteren Falle die Pflanzen in den beiden Gebieten seit der Eiszeit unverändert geblieben seien, und dass im zweiten Falle die in das andere Gebiet hinübergewanderten Individuen in ihren Nachkommen sich etwas umgewandelt haben.

Es ist dies jedoch nur eine nahe liegende Möglichkeit, deren man sich gelegentlich wohl erinnern, die man aber nicht als selbstständiges Beweismaterial benutzen darf. Denn es sind verschiedene andere Möglichkeiten nicht ausgeschlossen. Wenn in den beiden Gebieten die Formen sich verhalten wie A zu A', so kann dies auch schon zur Eiszeit der Fall gewesen und beide seitdem unverändert geblieben sein; es kann ferner zur Eiszeit die Form A'' gelebt haben, welche sich seitdem in dem einen Gebiete zu A, in dem anderen zu A' umbildete u. s. w. Wenn in den beiden Gebieten die Formen identisch scheinen (A = A), so folgt daraus nicht nothwendig, dass sie sich seit der letzten Wanderung nicht verändert haben, wie man gewöhnlich annimmt. Es ist möglich, dass zur Eiszeit die Form A' lebte und dass sie sich seitdem auf den Alpen und im Norden in gleicher Weise in A umwandelte, anderer Möglichkeiten nicht zu gedenken.

Gegen das letztere wird man einwenden, dass die Ungleichheit der äusseren Verhältnisse bei der Transmutation einer und derselben Form auch ein ungleiches Resultat be-

wirken müsse. Doch ist dieser Satz weder thatsächlich bewiesen, noch ist er theoretisch beweisbar. Man kann dagegen einwenden, der Umstand, dass eine Pflanzenform während einer so langen Periode (von der Eiszeit bis jetzt) auf den Alpen und im Norden unverändert und ungeschwächt leben konnte, gestatte den Schluss, dass die äusseren Verhältnisse in den beiden Gebieten trotz ihrer anscheinenden Ungleichheit auf die Natur der Pflanzen doch gleichartig einwirken, dass sie den verschiedenen vegetabilischen Functionen in gleichem Masse förderlich sind. Daraus folgt denn auch ungezwungen, dass sie die Umbildung der Form, die aus inneren Ursachen erfolgt [1]), in beiden Gebieten in gleicher Weise gestatten, wenn zufällig die Individuen in der gleichen Richtung zu variiren beginnen.

Ich führe das eben Gesagte blos als Möglichkeit an, die mir selber als die weniger wahrscheinliche vorkommt. Ich bin geneigt in Hieracium alpinum und H. aurantiacum, welche Arten in identischen Formen die Alpen und den Norden bewohnen, die unveränderten Pflanzen der Eiszeit zu sehen. Aber es mangelt mir dafür zu meinem Bedauern noch ein ausreichender Grund. Immerhin glaube ich nicht, dass es in dieser Beziehung ein allgemeines Gesetz gebe, welches für alle Pflanzen gilt. Die Mehrzahl der Formen, welche in gut getrennten Gebieten in den Merkmalen identisch scheinen, mag seit der letzten Communication zwischen den Gebieten unverändert geblieben sein, während vielleicht eine geringe Zahl sich in identischer Weise umgewandelt hat. Man muss daher jeden einzelnen Fall besonders behandeln und ausser dem Vorkommen auch alle übrigen Momente, welche Aufschluss geben können, in Betracht ziehen.

Die allgemein gestellte Frage, ob seit der Eiszeit die die Transmutation still gestanden oder thätig gewesen sei,

1) Sitzungsberichte, Mittheilung vom 18. Nov. 1865.

gibt uns, wie wir gesehen haben, in den paläontologischen Ergebnissen gar keine und in der Vergleichung der Floren separirter Gebiete eine unbestimmte Antwort. Lohnender ist es, die Untersuchung speciell auf einzelne Pflanzen zu richten und aus dem Vorkommen ihrer Formen in dem gleichen Gebiet Schlüsse zu ziehen. Ich beschränke mich auf eine kurze Schilderung der Verhältnisse, wie sie uns die Gattung Hieracium darbietet.

Es gibt in dieser Gattung einige Arten, die morphologisch isolirt sind, oder sich nur nach einer Seite hin durch Uebergänge an andere Arten anschliessen. Dieselben sind einförmig, sie zeigen auf den verschiedenen Standorten ihres grossen Verbreitungsbezirkes überall ganz die gleichen Merkmale. Hieracium staticifolium, H. albidum, H. humile (Jacquini) gehören hieher. — Als anderes Extrem gibt es Arten (im weiteren Sinne), die in eine Unzahl von kleinen Formen (schwache Varietäten, bessere Varietäten, schwache Arten) zersplittert sind und die fast auf jedem Standorte in einer etwas andern Modification auftreten. Viele dieser Formen habe ich bis jetzt nur auf einer Lokalität oder nur in einem Alpenthal oder nur auf einem Berg gefunden. Die bisherigen Arten der Autoren Hieracium glaucum, H. bupleuroides, H. speciosum etc. sind derartige Schwärme von kleinen Formen [1]. Wenn man einen solchen Formen-

---

1) Letzten Sommer (1872) besuchte ich die Dolomite von Südtirol, die mir noch unbekannt waren. Mein Hauptzweck dabei war die Formen aus den oben genannten Arten oder Gruppen, wie ich sie lieber nenne, zu beobachten, indem ich die Ueberzeugung hatte, dass sie eigenthümlich sein müssten. Leider erwiesen sich die Dolomite im Allgemeinen viel ärmer an Hieracien, als ich erwartete, und was die genannten kalkbewohnenden Gruppen betrifft, so sollten sie nach dem Zeugniss des dortigen kundigen Botanikers (Cooperator Huter in Sexten), was ich erst nach meiner Ankunft erfuhr, merkwürdiger Weise fast gänzlich mangeln. Doch gelang es mir bei

schwarm mit einer der früher genannten gleichförmigen Arten vergleicht, so macht es ungefähr den nämlichen Eindruck, wie wenn man einen Planeten mit den zahlreichen Planetoiden, in die ein anderer Planet wahrscheinlich zerfallen ist, oder einen Cometen mit einem Schwarm von Sternschnuppen zusammenhält, in die ein anderer Comet sich aufgelöst hat. Damit will ich indess nur eine Aehnlichkeit in der Erscheinung andeuten, indem ich von der Entstehung ganz absehe.

Diese Schwärme von kleinen Formen sind für die Transmutationslehre besonders lehrreich; sie zeigen uns unwiderleglich, dass eine Veränderung seit der Eiszeit statt gefunden hat und in welcher Weise.

Schon die grosse Zahl der Formen und die Thatsache, dass jede Gegend ihre besonderen Formen hat, beweist uns, dass viele derselben später entstanden oder umgewandelt sein müssen. Bei grossen Wanderungen, wie sie der Anfang und das Ende der Eiszeit veranlassten, gehen nothwendig viele Formen zu Grunde; es wird bald die eine bald die andere in der Verbreitung der Samen zurückbleiben und aussterben. Ferner geht besonders die Wanderung von der mitteleuropäischen Ebene auf die Alpen theilweise entgegen dem bei dem Transport der Samen wirksamsten Südwestwinde; — wie sehr aber letzterer bei der Samenverbreitung massgebend ist, kann man in unserem botanischen Garten deutlich sehen. Endlich müssen bei der Wanderung und während des Aufenthaltes in der Ebene oft Formen, die früher nicht miteinander vorkamen, sich zusammen finden und sich theilweise durch den Kampf um das Dasein ver-

---

einer mehrwöchentlichen Durchforschung der Dolomite von Prags Höhlenstein und Ampezzo zwar bloss 4 Formen aus den Gruppen glaucum, bupleuroides und speciosum aufzufinden; aber alle 4 waren neu.

drängen. Wenn die zahlreichen Formen der genannten Hieraciengruppen (glaucum, bupleuroides, speciosum etc.) jetzt durch eine hereinbrechende Eiszeit gezwungen würden, in die Ebene auszuwandern, so unterliegt es keinem Zweifel, dass nicht der vierte Theil (vielleicht kaum $^1/_{10}$) wieder zurückkäme. Nun leben aber gegenwärtig so viele Formen in den Alpen, dass es undenkbar ist, es habe während der Eiszeit eine noch viel grössere Zahl in der Ebene und vor derselben eine abermals grössere Zahl in den Alpen existirt. Wir müssen daher annehmen, dass viele sich erst seit der Rückkehr auf die Gebirge gebildet haben.

Einen ungleich stärkeren Grund als die Zahl gibt uns das morphologische Verhalten dieser kleinen Formen. Viele derselben sind Cönobiten, so dass 2 bis 5 zusammen vorkommen, und stehen, wie ich nachher zeigen werde, in einer gewissen morphologischen Beziehung zu einander. Die in Geselligkeit beisammen lebenden Formen haben sich mit Rücksicht auf ihre Merkmale gleichsam gegenseitig gemodelt; sie zeigen, um mich so auszudrücken, einen specifischen Gesellschaftstypus, der für jede Gesellschaft, somit für jede Gegend ein anderer ist. Diese Thatsache zeigt unwiderleglich, dass die Formen, seit sie beisammen wohnen, sich verändert haben. Denn es liesse sich ja gar nicht denken, dass die mit Rücksicht auf einander Geformten auch zufällig zusammen gekommen wären, so z. B. einige im Rheinwaldthal in Graubünden, einige am Simplon im Wallis, einige im Oberengadin, einige am Spitzingsee in Oberbayern, einige an den Isarabhängen bei Grosshesselohe bei München, einige in den Dolomiten zwischen Höhlenstein und Ampezzo im Tirol etc.

Die letzte Frage ist nun noch die, ob die cönobitischen Formen in der Verwandtschaft sich genähert oder von einnander entfernt haben. Diese Frage brachte mich anfänglich in Verlegenheit, da allgemeine Gründe dafür und da-

gegen sprechen. Für die Annahme, dass die geselligen Formen sich in ihren Merkmalen von einander entfernen, spricht das anderweitig bewiesene allgemeine Gesetz der Entwickelungsdivergenz, indem die mannigfaltig gegliederten und differenzirten organischen Reiche nur durch divergirende Bewegung aus den gleichartigen einzelligen Anfängen hervorgehen konnten. Aber damit wäre bloss die Wahrscheinlichkeit, nicht auch die Nothwendigkeit einer analogen Bewegung für den einzelnen Fall gegeben. Denn es wäre ja möglich, dass in der allgemeinen Strömung partielle Gegenströmungen vorkämen, dass während die Formen im Grossen und Ganzen sich von einander entfernen, einzelne sich näherten und zusammenfielen.

Für die Annahme, dass die cönobitischen Formen sich einander nähern, spricht der Umstand, dass sie im Connubium leben, und dass die fortwährend thätige Kreuzung bestrebt sein muss, sie mit einander zu vereinigen. Dieses Resultat könnte man nach der Rolle, welche die Darwin'sche Theorie der Kreuzung bei künstlicher und bei natürlicher Züchtung anweist, unter gewissen Voraussetzungen mit ziemlicher Zuversicht erwarten.

Aus dieser Ungewissheit, in welcher uns die allgemeinen Betrachtungen lassen, befreit uns die genaue morphologische Untersuchung der cönobitischen und wie ich mich ausgedrückt habe, gegenseitig gemodelten Formen. Ihr spezifischer Gesellschaftstypus besteht darin, dass sie in gewissen Merkmalen eine bemerkenswerthe Uebereinstimmung zeigen, während sie in andern Merkmalen Extreme darstellen und darin zuweilen über alle in andern Gegenden vorkommenden Verwandten hinausgehen. So sind, um einige Beispiele anzuführen, Hieracium porrifolium und H. glaucum (All., nec Auct.), welche im Südtirol beisammen leben, in der Inflorescenz und im Bau der Köpfchen einander fast gleich, aber H. porrifolium hat die schmälsten, H. glaucum die breitesten

Blätter unter allen zur Gruppe glaucum gehörenden Formen. — H. poliodes und H. amaurodes, die ebenfalls zur Gruppe glaucum gehören und am Spitzingsee bei Schliersee cönobitisch sind, gleichen sich im Stengel, in den Blättern und in dem Bau der Köpfchen; aber H. poliodes zeichnet sich unter den Glaucum-Formen durch Reichthum, H. amaurodes durch Armuth an Flocken (Sternhaaren) auf dem Involucrum aus. — Die zur Gruppe bupleuroides gehörenden Formen H. glabrifolium und H. crinifolium, die auf dem Brenner im Tirol in Gesellschaft wachsen und einander sehr nahe stehen, stellen sich beide als Extreme dar, indem beim ersteren die Flocken weiter über den Stengel nach unten gehen und bei letzterem die Blätter stärker behaart sind, als bei irgend einer anderen Bupleuroides-Form. — Von den beiden ebenfalls zur Gruppe bupleuroides gehörenden und im Rheinwald in Graubünden cönobitischen Formen H. laeviceps und H. scabriceps hat letzteres ein stärker behaartes Involucrum als die übrigen Formen der Gruppe.

Aus diesen Thatsachen ergibt sich unzweifelhaft, dass die Bewegung in den cönobitischen Formen eine divergirende ist. Denn in ihnen gerade sind extreme Merkmale entwickelt, während die eremitischen Formen in ihren Merkmalen eher mittlere Bildungen darstellen. Wenn die Cönobiten in Folge der fortdauernden Kreuzung convergirten, so müssten im Gegensatze zur Wirklichkeit sie selber die intermediären, die Eremiten aber die characteristischen extremen Formen sein.

Die angeführten Thatsachen legen überdem den Gedanken nahe, dass, im Gegensatze zu den bisherigen Annahmen, die Geselligkeit für die Speciesbildung förderlicher sich erweise als die Isolirung, — ein Gedanke, der weder mit der Wirkung der Kreuzung noch mit derjenigen der Verdrängung im Kampfe um das Dasein im Widerspruche steht.

Ich will zum Schlusse noch darlegen, wie ich mir nun die Entstehung der Species auf cönobitischem Wege denke. Eine Pflanzenform bildet ganz leichte Abänderungen, die natürlich in verhältnissmässig geringer Individuenzahl vorhanden sind, und wenn ihre Existensfähigkeit von der Hauptform übertroffen wird, bald wieder zu Grunde gehen. Hat die Abänderung dagegen einige Eigenschaften, welche sie bevorzugen, während sie in anderen Eigenschaften weniger günstig ausgestattet ist, so verdrängt sie die Hauptform theilweise und erobert sich einen ständigen Platz neben ihr. Sie besteht neben der Mutterform und gesellig mit ihr als scharf geschiedene Form, indem die Zwischenglieder, die durch Kreuzung und Variation entstehen, fortwährend verdrängt werden. In Gesellschaft mit der Mutterform bildet sich die Tochterform weiter aus und entfernt sich in den Merkmalen von derselben, indem sie anfänglich den Werth einer beginnenden, dann einer bessern Varietät, nachher den Werth einer leichten oder sogenannten schlechten, dann einer guten Art hat. Die Mutterform selbst kann unverändert bleiben; häufiger aber geschieht es, dass sie in ihren Charakteren mehr oder weniger in der entgegengesetzten (von der neuen Form abgekehrten) Richtung ausweicht, was durch die stätige Verdrängung der Individuen, welche der neuen Form in den Merkmalen näher stehen, bewirkt wird. Dem entsprechend finden wir nicht selten neben einer allgemeiner verbreiteten Pflanzenform gesellig mit ihr in einem kleinen Gebiete eine neu entstandene nahe verwandte Form, die anderswo nicht vorkommt. Das früher erwähnte Hieracium holadenium denke ich mir in dieser Weise im Rheinwaldthal aus H. alpinum entstanden.

Die Species können noch auf eine andere Weise cönobitisch entstehen. Eine Pflanzenform bildet Varietäten, von denen nicht nur eine, sondern zwei sich als existenzfähig erweisen und nach zwei entgegengesetzten Richtungen hin

trennt sich bilden können. Die Bedingung dafür ist, dass nur eine Varietät aus einer Mutterform entstehe, und dass die letztere gänzlich verdrängt werde. Wenn dies auf verschiedenen Lokalitäten oder in verschiedenen Gebieten geschieht, so werden wahrscheinlich verschiedene mehr oder weniger von einander abweichende Formen aus der gleichen Stammform hervorgehen. Da aber gewöhnlich die Mutterform von der Tochterform nur theilweise verdrängt wird oder zwei sich duldende Tochterformen an die Stelle der Mutterform treten, so bilden sich in verschiedenen Gebieten und auf verschiedenen Lokalitäten nicht einzelne specifisch verschiedene Formen, sondern specifisch verschiedene Gesellschaften von mehreren Formen.

Die heutige Beweisführung stützt sich ausschliesslich auf die geographische Vertheilung der Pflanzenformen. Alle anderen Momente, welche bei der Theorie der Speciesbildung in Betracht kommen, die Verdrängung durch den Kampf um das Dasein, die Kreuzung, die Vererbung und die daraus hervorgehende Constanz, die individuelle Veränderlichkeit und die Häufungen der Abänderungen in einer Reihe von Generationen mussten vorerst unberücksichtigt bleiben. Jedes dieser Momente erfordert eine besondere Besprechung. Dass sie mit den Thatsachen des Vorkommens übereinstimmen, und in wiefern sie eine Modification der bisherigen Theorien verlangen, werde ich in den folgenden Mittheilungen zu zeigen versuchen.

Verdrängung der Pflanzenformen durch ihre Mitbewerber von C. Nägeli.[1])

Kampf um's Dasein und Verdrängung sind in den letzten Jahren vielfach besprochen worden und unter den Naturforschern, welche sich mit diesen Fragen beschäftigt haben, dürfte darüber im Allgemeinen Einstimmigkeit bestehen. Wenn namentlich von den Gegnern der Transmutationslehre beides zuweilen bestritten oder angezweifelt wird, so ist diess nur aus Unkenntniss der Thatsachen oder aus einer unrichtigen Beurtheilung derselben zu erklären.

In der That, wir mögen die Entstehung der Organismen uns denken wie wir wollen, so genügt schon eine oberflächliche Einsicht in ihre biologischen Erscheinungen, um uns zu überzeugen, dass die allseitigste und durchgreifendste Concurrenz fortwährend zwischen ihnen besteht und dass die weniger existenzfähigen der Vernichtung preisgegeben

1) Dieser Vortrag wurde schon im Frühjahr 1873 in der math.-phys. Classe gehalten. Er konnte damals wegen des Buchdruckerstrikes und später wegen meiner Abwesenheit, die bis in den Herbst dauerte, nicht gedruckt werden. Nachdem einmal ein Aufschub eingetreten war, wollte ich ihn erst mit einem folgenden Vortrag, welcher die Verdrängung zwischen mehr als 2 Mitbewerbern, namentlich diejenige zwischen den Gliedern einer ganzen Formenreihe behandeln soll, veröffentlichen. Da ich aber bei der Ausarbeitung dieses zweiten complicirteren und schwierigeren Theiles finde, dass noch weitere Beobachtungen auf den Standorten wünschbar sind, so will ich den ersten Theil, welcher die gewöhnlichen Fragen betreffend die Verdrängung zu erledigen im Stande sein dürfte, nicht länger zurückhalten.

sind. Schon lange hat die Pflanzengeographie erkannt, dass die Vertheilung der Gewächse auf der Erdoberfläche durch einen Kampf Aller gegen Alle bedingt wird. Darwin hat das grosse Verdienst die Lehre vom Kampfe ums Dasein und von der Verdrängung vielfach erweitert und auf die Speziesbildung angewendet zu haben.

Die Ursache, warum dagegen oft polemisirt wird, scheint mir nicht zum geringsten Theil in der Terminologie zu liegen. Das Wort tritt um so mehr an die Stelle des wissenschaftlichen Begriffes, in je grösseren Kreisen es sich verbreitet. Kampf um's Dasein und Verdrängung sind glücklich gewählte Schlagwörter, um rasch populär zu werden. Sie erwecken das allgemeine Interesse, indem sie einen passiven und oft wenig bemerkenswerthen Vorgang dramatisiren, und sie entheben von weiterem Nachdenken, indem sie eine Reihe von verwickelten Thatsachen durch einen leichtverständlichen Ausdruck ersetzen. Aber sie veranlassen auch leicht irrige Vorstellungen und in Folge davon dann Zweifel an der Sache selbst.

Besonders ist man geneigt, in dem Kampf um's Dasein sich viel mehr selbständige Action zu denken, als sie dem wirklichen Vorgange zukommt. Sogar im Thierreiche besteht bekanntlich der eigentliche Kampf ums Dasein nicht zwischen Raubthier und Wiederkäuer, die mit einander um ihr Leben kämpfen, sondern einerseits zwischen den Raubthieren unter sich, die gemeinschaftlich den Angriff unternehmen, anderseits zwischen den Wiederkäuern unter sich, die mit einander zur Abwehr verbündet sind. Im Pflanzenreiche vollends äussert sich die Concurrenz nicht als Kampf; sie ist hier die harmloseste Thätigkeit und zum grossen Theil ein rein passives Verhalten gegenüber den Einflüssen der Aussenwelt.

Die Rolle, welche die Pflanzenform bei dem sogen. Kampfe um's Dasein spielt, kann ich am besten durch

folgendes Gleichniss anschaulich machen. Ein Landwirth erntet von seinem Gut eine gewisse Menge von Frucht (Weizen, Erbsen etc.). Der grösste Theil davon wird verkauft oder findet eine andere Verwendung. Ein kleiner Theil wird zur Aussaat aufgehoben und zu diesem Zwecke sortirt, da der Besitzer nach rationellen Grundsätzen handelt. Es werden durch ein Sieb die grösseren Samen von den kleineren, oder durch ein anderes Mittel die schwereren von den leichteren geschieden, oder es findet nach irgend welchen anderen Merkmalen eine Auswahl des Saatgutes statt. Von den ausgesäeten Samen gehen manche früher oder später durch Thiere, durch die Unbill der Witterung u. s. w. zu Grunde. Der Rest gelangt zur Blüthen- und Fruchtbildung und liefert das Saatgut für das folgende Jahr.

Wenn man diesen Vorgang ohne weitere Vermittlung einen Kampf um's Dasein zwischen der grossfrüchtigen und kleinfrüchtigen, zwischen der schwersamigen und leichtsamigen Form nennen wollte, so wäre es gewiss ein ziemlich kühnes Bild, das man eher der Poesie als der wissenschaftlichen Prosa gestatten möchte. In der freien Natur verhält es sich nun aber gerade so, wie ich es eben für die rationell behandelte Kulturpflanze geschildert habe. Ich will zum Vergleiche eine perennirende krautartige Pflanze wählen, da sie das Mittel zwischen den einjährigen und den holzigen Gewächsen hält.

Die wildwachsende Pflanze erreiche ein durchschnittliches Alter von 20 Jahren, und jeder Stock bringe jährlich durchschnittlich 100 Samen hervor. Von 2000 Samen ist es demnach nur Einem vergönnt, aufzuwachsen und zur fruchttragenden Pflanze sich auszubilden, während 1999 umkommen müssen. Davon gehen sicher wenigstens 97 Procent (von 2000 Samen etwa 1950) zu Grunde, ohne dass irgend eine Auswahl stattfindet, indem in manchen Jahren für keinen einzigen keimenden Samen Platz ist und in den

anderen Jahren die meisten Samen auf Stellen gerathen, wo sie sich nicht entwickeln können. Diese 97 Prozente sind zu vergleichen dem Weizen, welchen der Landwirth verkauft oder in die Mühle schickt, die übrigen 3 Prozente (von 2000 etwa 50 Samen) dem Reste, aus welchem der Landwirth sein Saatgut auswählt. Diese 3 Prozente werden von den natürlichen Verhältnissen, unter denen sich die Samen befinden, gesiebt und gesichtet, bis zuletzt nur $^1/_{20}$ Prozent übrig bleibt. Die anderen gehen als Samen oder Keimpflanzen zu Grunde durch die Winterkälte, durch Frühlingsfröste, durch die Trockenheit des Sommers, durch Feuchtigkeit, durch Schatten und Traufe, durch Nahrungsmangel, durch Krankheiten, durch Thiere u. s. w. Derjenige von den 2000 Samen, welcher zur blühenden Pflanze aufwächst, ist nicht etwa der bestbegabte und stärkste von allen; aber er ist existenzfähig und wir können mit Sicherheit annehmen, dass er so gut oder etwas besser ausgerüstet war, als diejenigen, vielleicht nur wenigen Samen, die in der Lage waren, mit ihm zu concurriren.

Wenn wir also für den Vorgang in der freien Natur einen deckenden Ausdruck anwenden wollten, so müssten wir, statt die Pflanzen und Thiere um ihr Dasein kämpfen zu lassen, eher sagen, jedes Wesen habe unter allen übrigen die Probe seiner Existenzfähigkeit zu bestehen. Doch ist für die Wissenschaft die Wahl des Ausdruckes gleichgültig; die ungenaue Bezeichnung wird erst gefährlich, wenn sie aus den strengwissenschaftlichen Kreisen der Fachgenossen heraustritt.

Bei der Sichtung, welche die Natur fortwährend mit ihren lebenden Produkten vornimmt, bleiben nur existenzfähige erhalten und unter den existenzfähigen begünstigt die Concurrenz, soweit sie sich geltend machen kann, die den bestehenden Verhältnissen besser angepassten; die weniger gut ausgestatteten werden beseitigt. So weit müssen alle

erfahrenen und denkenden Naturforscher übereinstimmen und das folgenreiche Darwin'sche Gesetz unbedingt annehmen. Damit ist aber bloss ein allgemeines und unbestimmtes Schema gegeben, welches noch verschiedene Ansichten über den wirklichen Verlauf und den Ausgang des Processes erlaubt.

Ueber jene allgemeinen und unbestimmten Angaben sind Darwin und seine Nachfolger nicht hinausgegangen. Nach denselben verdrängt die besser angepasste Lebeform die unvollkommnere auf demjenigen Gebiete, auf welchem sie die vortheilhaftere Anpassung besitzt, wobei ausdrücklich gesagt oder stillschweigend vorausgesetzt wird, dass die schwächere local gänzlich verschwinde, indem die stärkere ihre Stelle einnimmt. Nichts scheint in der That bei bloss oberflächlicher Betrachtung natürlicher, als dass von zwei concurrirenden Formen die stärkere vollständig die schwächere verdränge. Auch gibt es gewiss manche Beispiele für diesen Vorgang. Dennoch ist er, soweit es sich um wirkliche nachweisbare Beispiele handelt, im Grossen und Ganzen als Ausnahmsfall zu betrachten. Allgemeine Gültigkeit besitzt er bloss für die hypothetischen nicht existenzfähigen Formen, welche in Folge der individuellen Veränderlichkeit fortwährend entstehen und auch sofort wieder untergehen sollen.

Verwandte oder analoge Lebeformen, zwischen denen die Mitbewerbung am intensivsten zu wirken pflegt, verdrängen sich in der Regel nicht etwa so, dass jede in dem Gebiete, wo sie die stärkere ist, allein übrig bleibt. Sondern sie dulden einander auf dem gleichen Standorte oder in dem nämlichen Gebiete, indem durch die Concurrenz nur das gegenseitige Zahlenverhältniss bestimmt wird. Die Verdrängung hat man sich somit im Allgemeinen nicht als eine *totale*, sondern als eine *partielle* zu denken. Man könnte die beiden Begriffe als *Verdrängung* und Be-

schränkung unterscheiden. Doch scheint es mir zweckmässiger, den Ausdruck Verdrängung für den allgemeinen Begriff, dass eine Lebeform gegenüber ihren Concurrenten Boden gewinnt, zu gebrauchen und demselben die vollständige und die theilweise Verdrängung unterzuordnen.

Dass nahe verwandte Pflanzenformen bei der Mitbewerbung meistens sich nicht vollständig verdrängen, dass sie vielmehr sich dulden und auf dem gleichen Standorte neben einander leben, ist eine allgemeine Thatsache, wie ich in meiner letzten Mittheilung nachgewiesen habe. In wiefern die Thatsache mit Nothwendigkeit aus den bei der Verdrängung wirksamen Factoren hervorgehe, diess zu zeigen, ist meine heutige Aufgabe.

Schon vor längerer Zeit habe ich in einer Mittheilung an die math.-phys. Classe von der Art und Weise gesprochen, wie die Concurrenz bei den Pflanzen wirkt, und an einem numerischen Beispiel gezeigt, wie man sich etwa die vollständige Verdrängung einer Form durch eine andere nahe verwandte zu denken habe.[2]) Es war diess eine gelegentliche Erörterung bei der Betrachtung des Vorkommens von Arten und Varietäten innerhalb ihres Verbreitungsbezirkes. Die Frage, wie die Mitbewerbung und die Verdrängung wirken, ist aber von so grosser Bedeutung für die Formenbildung und die systematische Gliederung der Reiche, sowie für die geographische Verbreitung, dass sie eine durchgreifende und erschöpfende Behandlung verlangt.

Ich muss gestehen, dass ich mich lange vergeblich bemühte, zu einer befriedigenden Lösung der Frage zu gelangen. Erst als ich sie mathematisch zu behandeln anfing, wurde mir die Sache ganz klar. Ich werde mich auch

2) Sitzungsberichte vom 15. Dec. 1865. — Sachs, Lehrbuch der Botanik 3. Aufl. p. 827.

jetzt dieser Art der Darstellung bedienen, weil sie die kürzeste und präciseste ist. Vorher aber sind die Grundlagen für den richtigen Ansatz zu gewinnen.

Die erste Voraussetzung ist natürlich die, dass die Mitbewerbung wirklich bestehe, wozu es einerseits innerhalb gewisser Grenzen gleichartiger Pflanzen, anderseits gleichartiger äusserer Verhältnisse bedarf. So können wir z. B. nicht von einer Concurrenz zwischen Baum und Moos, Baum und Flechte, zwischen Nährpflanze und Schmarotzer sprechen; wohl aber concurriren die Bäume unter einander, ebenso die krautartigen Pflanzen, die Schmarotzer, die Moose, die einzelligen Algen, die Pilze. — Was die äusseren Verhältnisse betrifft, so müssen dieselben namentlich mit Rücksicht auf Lage, Bodenbeschaffenheit und anderweitige Vegetation in einer gewissen Ausdehnung sich gleich bleiben, und dadurch einen homogenen Standort bewirken. Aber die Gleichartigkeit des Standortes hat für verschiedene Pflanzen eine verschiedene Bedeutung. Eine Oberfläche von mehreren Morgen kann für Bäume, die ihre Wurzeln weit ausbreiten, oft als homogene Lokalität gelten, während sie für krautartige Pflanzen, deren Wurzeln innerhalb des Raumes eines Quadratfusses bleiben, mehrere ungleiche Lokalitäten darbieten kann. Dasselbe Verhältniss besteht zwischen krautartiger Pflanze und Moos oder Alge.

Eine andere Voraussetzung ist die, dass die äusseren Verhältnisse während einer gewissen Dauer die nämlichen bleiben. Wäre diess nicht der Fall, würde der Standort im Laufe der Jahre sich verändern, so könnte man irriger Weise die eintretende oder ausbleibende Verdrängung auf Rechnung der Concurrenz setzen, während sie in Wirklichkeit durch die Variation der äusseren Einflüsse bedingt wäre.

Eine dritte Voraussetzung ist noch die, dass eine Pflanzenform, nachdem die gegenseitige Verdrängung zu einem Gleichgewichtszustande gelangt ist, während einer gewissen Dauer in gleichbleibender Individuenzahl auf dem

Standorte vertreten sei. Diess ist, wenn die vorhergehende Voraussetzung erfüllt ist, in der That auch immer der Fall, und hängt damit zusammen, dass die ungestörte Bodenoberfläche ganz mit Vegetation bedeckt ist. Jede Pflanzenform erscheint darin in einer bestimmten, durch die Concurrenz geregelten Individuenzahl. Diese Zahl kann nicht zunehmen, denn für mehr Individuen mangelt Platz und Nahrung; sie kann auch sich nicht vermindern, denn die Lücken werden sofort von den in so grosser Zahl vorhandenen Keimen, die sonst wegen Mangel an Raum dem Tode preisgegeben sind, ausgefüllt.[3])

Dieser Beharrungszustand war nicht von Anfang an vorhanden und er muss aufhören, sowie irgend eine Aenderung in den bedingenden Verhältnissen, in der physikalischen oder chemischen Bodenbeschaffenheit, oder im Klima oder in der Vegetation eintritt. Wenn z. B. eine neue existenzfähige Pflanzenform einwandert, so verdrängt sie einen Theil der früheren Bewohner und stört das bisher zwischen denselben bestandene Gleichgewicht. Nach und nach bildet sich ein neuer Gleichgewichtszustand aus, in welchem jede Form mit Rücksicht auf die veränderten Verhältnisse der Bewohner mit einer neuen, aber bis zu abermaliger Störung constant bleibenden Zahl vertreten ist.

Unter stationärem Zustand darf man sich jedoch nicht vorstellen, dass die Individuenzahl einer jeden Pflanzenform absolut gleich bleibe, sondern nur, dass sie einen constanten mittleren Werth behalte, indem sie zwischen bestimmten Extremen hin und her schwankt. Diese Schwankungen in

---

3) Eine Ausnahme von der obigen Regel findet man nur da, wo die Bedingungen für das Pflanzenleben sehr ungünstig werden, — so an der Schneegrenze, wo die Vegetation, ehe sie ganz aufhört, spärlich wird und wo der kahle Boden oft nur von einzelnen weit zerstreuten Pflänzchen bedeckt ist. Dieser exceptionelle Fall würde eine besondere Betrachtung verlangen.

der Zahl werden bedingt durch die Schwankungen in den ursächlichen Verhältnissen, namentlich durch den Wechsel der klimatisch ungleichen Jahre, wodurch bald die einen, bald die andern Pflanzenformen auf Kosten der übrigen begünstigt werden.

Die durchschnittliche Individuenzahl einer Pflanzenform auf einem Standorte drückt ihre relative Stärke gegenüber allen andern Mitbewohnern aus. Sie hängt von zwei Factoren ab, von dem durchschnittlichen Alter der Individuen und von der durchschnittlichen Anzahl von jungen Pflanzen, die jährlich aufwachsen. Wenn mit z die Individuenzahl einer bestimmten Pflanzenform auf einer bestimmten Localität, mit d die Lebensdauer in Jahren ausgedrückt, mit e der jährliche Ersatz an jungen Pflanzen bezeichnet wird, so ist

$$z = d . e.$$

Wir können daher für den Fall, dass der stationäre Zustand auf einer Localität noch nicht eingetreten ist, sofort, wenigstens im Allgemeinen bestimmen, was einer Pflanzenform bei der Concurrenz mit allen übrigen und bei der gegenseitigen Verdrängung förderlich sein und ihr eine möglichst grosse Individuenzahl verschaffen muss. Günstig wirkt Alles, was die individuelle Lebensdauer erhöht, und was die Quote in dem jährlichen neuen Aufwuchs steigert.

Mit Rücksicht auf beide Factoren kommt es eben so wohl auf die inneren Anlagen als auf die äusseren Einflüsse an. Bezüglich der inneren Anlagen sind die verschiedenen Pflanzen schon von Natur zu einem ungleichen Alter und zu ungleicher Fruchtbarkeit bestimmt, und die Keime sind in mannigfaltigen Richtungen mit ungleichen Eigenschaften ausgerüstet. Ich kann hier nicht auf Einzelheiten eingehen. Die Darlegung der von Natur gegebenen specifischen Verhältnisse und ihre Reaction auf die äusseren Einflüsse wäre eine Recapitulation der ganzen Pflanzenphysiologie.

Lebensdauer und jährlicher Ersatz bedingen sich gegenseitig; sie stehen im umgekehrten Verhältniss zu einander. Der Nachwuchs kann bloss die Lücken ausfüllen, welche durch die zu Grunde gehenden Pflanzenstöcke in der Vegetation sich öffnen. Diese Lücken sind natürlich um so spärlicher, je älter die Stöcke werden. Bei perennirenden Gewächsen wird oft Jahre lang nicht ein einziger Platz für eine junge Pflanze frei, worauf dann in einem ungünstigen Jahre eine grössere Zahl von Stellen für neue Besetzung vakant wird.

Die Abgrenzung der Gebiete der beiden Factoren veranlasst mich noch zu einer Bemerkung. Beim Menschen wird der Ersatz durch die Zahl der jährlichen Geburten ausgedrückt und die mittlere Lebensdauer von der Geburt an berechnet. Bei den Pflanzen lässt sich dieses Princip der Statistik nicht anwenden, und es können selbst nicht alle Pflanzen gleich behandelt werden. Für die grosse Mehrzahl unserer einheimischen Phanerogamen dürfte es sich empfehlen die Ersatzperiode bis zur Blüthezeit auszudehnen und somit nur diejenigen Keimpflanzen zu dem jährlichen Ersatz zu zählen, welche zur Blüthe gelangen. Diess gilt für alle einjährigen und unter den perennirenden für diejenigen Gewächse, welche schon im ersten Jahre blühen. Für dieselben wird das Alter nach der Zahl der Blüthenjahre (d. h. der Jahre, in welchen sie wirklich blühen oder nach ihrem Alter blühen könnten) berechnet, und die Lebensdauer kann nie unter 1 Jahr heruntergehen. Bezüglich derjenigen krautartigen Gewächse, welche nicht schon im ersten Jahre, sondern erst später blühen, dürfte es zweckmässig sein, nur diejenigen Pflanzen als Nachwuchs zu zählen, welche den ersten Winter überdauern; denn sie haben erst jetzt eine den übrigen Individuen einigermassen entsprechende Grösse und nehmen annähernd den Raum und die Nahrungsmenge

eines Individuums in Anspruch. Für Bäume und Sträucher muss die Ersatzperiode viel weiter ausgedehnt werden.

Die Gleichung $z = d . e$ drückt die Beziehungen zwischen Individuenzahl, Lebensdauer und jährlichem Ersatz einer einzelnen Pflanzenform aus und zwar unter einigen beschränkenden Bestimmungen, von denen ich später noch sprechen werde. Es liesse sich nun sogleich der allgemeine Fall für eine beliebige Zahl von Pflanzenformen, die zusammen auf einem Standorte wachsen, unter Berücksichtigung aller möglichen Verhältnisse behandeln. Doch ist dieses Verfahren nicht nothwendig, und ich glaube im Allgemeinen ein besseres Verständniss zu finden, wenn ich mit bestimmten einfachen Fällen beginne. Ich werde daher zunächst nur die Concurrenz zweier Formen behandeln. Dieses Problem ist auch für die Theorie von der Speciesbildung von besonderer Wichtigkeit, wo es sich um die Verdrängung zwischen Mutter- und Tochterform handelt.

Um nun den Fall zweier mitbewerbender Pflanzenformen auf's Allereinfachste zu gestalten, will ich zuerst annehmen, dass dieselben auf einem Standort, der gar keine Vegetation trägt, zusammen kommen. Die klimatischen und die örtlichen Verhältnisse seien so beschaffen, dass jede der beiden Formen, wenn sie allein da wäre, gedeihen und den Platz ganz ausfüllen würde. Nach kürzerer oder längerer Zeit wird sich der durch die gegenseitige Stärke bedingte Gleichgewichtszustand einstellen. Jede der beiden Formen, ist dann mit einer bestimmten constant bleibenden Individuenzahl auf dem vollständig besetzten Standorte vertreten, wenn nicht etwa die eine durch die andere ganz verdrängt wird. 4)

---

4) Aus dem stationären Zustand, welcher die Folge der Concurrenz ist, kann man auf die Stärke der beiden Formen schliessen. Halten sie sich genau die Waage, so sind sie gleich stark; überwiegt die eine mehr oder weniger, so ist sie die relativ stärkere; vermag

Diesem einfachsten Falle, wie er wohl selten in der Natur vorkommt, ist ganz analog ein anderer scheinbar complicirterer, der häufig beobachtet wird und der darin besteht, dass zwei nahe verwandte Formen unter einer ganzen Vegetation von andern Pflanzen leben. Die Analogie wird aus folgender Betrachtung hervorgehen. Eine Form A befinde sich unter vielen Gewächsen, die andern Gattungen und Ordnungen angehören, und sei in der durch die Concurrenz bestimmten constanten Zahl Z vertreten. Es komme eine andere mit A nahe verwandte Form B (vielleicht durch Variation aus A entstanden) auf den gleichen Standorten. In Folge ihrer nahen Verwandtschaft mit A macht sie gegenüber den Pflanzen anderer Gattungen und Ordnungen die gleichen oder nahezu gleichen Ansprüche, und concurrirt in gleicher Weise mit ihnen wie A. Die beiden Formen A und B sind daher fortan zusammen annähernd in der

---

sie die andere ganz zu verdrängen, so ist sie die absolut stärkere. Die beiden ersten Fälle bedingen die partielle, der letzte die totale Verdrängung.

Wenn die concurrirenden Formen gleiche Individuengrösse haben, so kann man die Stärke unmittelbar nach der Individuenzahl bemessen. Ist jede der beiden mit 50 Prozent vertreten, so sind sie von gleicher Stärke. Dagegen ist die mit 90 Prozent repräsentirte 9 mal so stark als die mit 10 Prozent vertretene Mitbewerberin. Da nun sehr verwandte Formen, deren Vergleichung vorzüglich von Interesse ist, gewöhnlich auch gleiche Grösse besitzen, so lässt sich bei ihnen die gegenseitige Stärke sofort aus der Zahl erkennen.

Schwieriger wird der Vergleich, wenn die beiden Pflanzen ungleich gross sind und somit einen ungleichen Raum einnehmen. Die Zahl drückt jetzt nicht mehr die Stärke aus; denn man kann eine Pflanze, welche z. B. an die Stelle von drei andern tritt, die sie verdrängt, doch nicht jeder einzelnen dieser drei gleichsetzen. Es scheint nun nahe zu liegen, die Stärke einer Form nach dem Raum zu bestimmen, den ihre Individuen zusammen einnehmen. Dies ist jedenfalls das richtigere Princip, wiewohl gewichtige Bedenken bestehen, ob es das absolut richtige sei. Indessen hat die Frage vorerst nur geringe Bedeutung und mag daher unentschieden bleiben.

gleichen Individuenzahl Z vertreten, welche früher der allein vorhandenen Form A zukam. Es besteht also eine gemeinsame Concurrenz der Formen A und B gegenüber allen andern Pflanzen. Aber sie concurriren auch unter sich, und bei diesem internen Process sind sie allein betheiligt, als ob die beiden Formen wie in dem vorher erwähnten Falle allein den Standort bewohnten. Nach ihrer gegenseitigen Stärke theilen sie sich in die Gesammtindividuenzahl Z, so dass wenn ihre respectiven Zahlen mit z und z_1 bezeichnet werden, $z + z_1 = Z$ ist. Bei gleicher Stärke von A und B ist $z = z_1$; bei relativ ungleicher Stärke ist $z \lessgtr z_1$; bei absolut ungleicher Stärke wird z oder z_1 gleich Null, d. h. gänzlich verdrängt.[5])

---

5) Die Gleichstellung der beiden nahe verwandten Formen in der Mitbewerbung gegenüber allen andern Pflanzen ist von grosser Wichtigkeit für die folgende Deduction, so dass ich ihr noch eine Begründung beifügen muss, um so mehr als jene Gleichstellung im Widerspruche zu stehen scheint mit der Annahme, dass unter den Nächstverwandten die Concurrenz am intensivsten wirke. Diess ist aber nur ein scheinbarer Widerspruch.

Zwei Varietäten einer Art können gegenüber allen andern Pflanzen in ganz übereinstimmender Weise concurriren, und dennoch einander so feindselig sein, dass eine die andere gänzlich verdrängt. Es verhält sich eben mit den physiologischen, bei der Mitbewerbung wirksamen Eigenschaften wie mit den morphologischen, bei der systematischen Unterscheidung massgebenden Merkmalen. In beiden Beziehungen stimmen zwei Varietäten einer Art rücksichtlich einer Gruppe von Eigenschaften überein, die sie von andern Arten und Gattungen unterscheiden, während sie in einer ganz bestimmten Sphäre, die nur sie allein angeht, von einander abweichen. Als Theorie dürfte diese Behauptung unanfechtbar sein. Sie wird aber auch durch die Beobachtung vollständig bestätigt. Den schönsten Beweis geben die prosöcischen (oder vikarirenden) Varietäten und nächstverwandten Species (vgl. Mittheilung vom 15. Dez. 1865). Ist nur eine derselben (A) in einem Gebiete vorhanden, so nimmt sie einen gewissen Raum in der Vegetation ein. Kommt die andere (B) hinzu, so theilen sich beide in den Raum, indem A sich

Wenn wir nun ferner durch d und d_1 die Lebensdauer und durch e und e_1 den jährlichen Ersatz an jungen Pflanzen bei den beiden Formen ausdrücken, so hätten wir nach Analogie der früher für eine einzige Form festgestellten Beziehung die neue Gleichung

$$z + z_1 = d . e + d_1 . e_1.$$

Aber diese Gleichung gilt nur für den stationär gewordenen Zustand, nachdem die beiden Formen durch die gegenseitige Concurrenz in's Gleichgewicht gekommen sind, und entspricht daher nicht unserem Zwecke.

Es handelt sich für uns um die Frage, welchen Verlauf der Verdrängungsprozess nehme, mit anderen Worten welche Veränderungen in den beliebig angenommenen Individuenzahlen eintreten, wie sie auf einander folgen, und zu welchem Beharrungszustand sie gelangen, wenn für die Lebensdauer und für die Ersatzverhältnisse der beiden Formen bestimmte Annahmen gemacht werden. Diesem

---

auf den einen Standorten behauptet und B dessen Stelle auf den andern Standorten einnimmt. Damit stimmen die Thatsachen betreffend das Vorkommen der synöcischen Formen überein. In zahlreichen Fällen habe ich beobachtet, dass, wenn unter übrigens ganz gleichen Verhältnissen eine Hieracienform an einem Ort allein, an andern nahegelegenen Orten mit 1, 2 oder mehreren nächst verwandten Formen vorkommt, die Gesammtindividuenzahl ungefähr die nämliche bleibt, dass also eine Form um so weniger zahlreich vertreten ist, mit je mehr nahe verwandten Formen sie den Standort bewohnt. Ich will übrigens nicht etwa behaupten, dass zwei nahe verwandte Formen in der Concurrenz sich genau oder mathematisch gleich verhalten, wie eine derselben allein, was natürlich eine principielle Unmöglichkeit ist. Aber ihre Ansprüche im Gegensatze zu andern Gattungen und Ordnungen sind so ähnlich, dass die Differenz gegenüber allen andern Factoren, welche Einfluss auf die Verdrängung haben, verschwindet, und dass man somit in der Praxis die Wirkungen der beiden Formen als identisch betrachten kann.

Zwecke entspricht die für alle Stadien des Verdrängungsprocesses gültige Gleichung

$$\text{I)} \quad \frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1} = e + e_1$$

$\frac{z}{d}$ drückt den jährlichen Verlust der Form A, $\frac{z_1}{d_1}$ denjenigen der Form B aus, $\frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1}$ den Gesammtverlust der beiden Formen. Diesem Gesammtverlust steht gegenüber der gesammte jährliche Nachwuchs $e + e_1$. Die Gleichung giebt uns somit eine Jahresbilanz über die numerischen Verhältnisse von A und B, indem links vom Gleichheitszeichen der Verlustconto, rechts der Ersatzconto steht. Beide sind einander gleich, weil die Lücken, die fortwährend durch den Tod einzelner Individuen von A und B entstehen, sofort wieder ausgefüllt werden durch junge Pflanzen der beiden Formen.

In der obigen Gleichung I sind z und z_1 veränderliche Grössen, indem die Individuenzahlen der beiden Formen in umgekehrtem arithmetischem Verhältnisse ab- und zunehmen, bis sie in's Gleichgewicht und damit zu einem Beharrungszustande gekommen sind. d und d_1 sind constante Grössen, indem nach der Annahme die Lebensdauer durch unveränderliche Factoren, nämlich durch die angeborenen morphologischen und physiologischen Eigenschaften und die äusseren Einflüsse des Standortes (Boden, Lage, Klima, Pflanzen- und Thierwelt) bestimmt ist. e und e_1 sind veränderlich, aber mit constantem gegenseitigem Verhältniss. Der Gesammtersatz $(e + e_1)$ verändert sich mit dem Gesammtverluste, welcher mit den wechselnden Werthen von z und $_1$ entweder grösser oder kleiner wird. Aber in den vari- .beln Gesammtersatz theilen sich die beiden Formen nach inem constant beibenden Verhältniss $e : e_1$, welches durch

die nämlichen unveränderlichen Factoren wie die Werthe von d und d_1 bedingt wird.

Es ist kaum nöthig, besonders hervor zu heben, dass alle in der Gleichung erscheinenden Grössen nur die Bedeutung von mittleren Werthen haben, indem sie innerhalb gewisser Grenzen hin- und herschwanken. Die einzelnen Pflanzen der gleichen Form erreichen ein ungleiches Alter, und das durchschnittliche Alter stellt sich bald höher bald niedriger. Der Gesammtverlust kann in einzelnen Jahren sehr bedeutend und in anderen verschwindend klein sein; er wird bald mehr von der einen, bald mehr von der anderen Form getragen. Ebenso ist beim Ersatze bald die eine, bald die andere Form begünstigt. In Folge dieser Umstände entfernen sich auch die Individuenzahlen z und z_1 mehr oder weniger von ihren mittleren Werthen. Auch die Gesammtzahl Z (oder die Summe $z + z_1$) kann beträchtliche Schwankungen zeigen, indem das eine Mal die Lücken in den Formen A und B theilweise durch andere Pflanzen, das andere Mal die Lücken in der übrigen Vegetation theilweise durch die Formen A und B ausgefüllt werden können. Alle diese Abweichungen von den Mittelwerthen werden verursacht durch die ungleichen klimatischen und Bodenverhältnisse der verschiedenen Jahre. Die Gleichung wird daher um so richtiger, je länger der Zeitabschnitt ist, auf den sie angewendet wird.

Aus der Gleichung I ersehen wir sogleich, dass wenn in dieselbe für d, d_1 und für das Verhältniss von e zu e_1 bestimmte numerische Werthe eingeführt und dann auch für z und z_1 beliebige Zahlenwerthe angenommen werden, die letzteren im Allgemeinen sich verändern, sowie die Gleichung durch eine Reihe von Jahren zur Geltung kommt. Mit andern Worten, wenn zwei Pflanzenformen, jede von bestimmter Lebensdauer der Individuen und jede mit einer bestimmten Ersatzquote zur Deckung des Gesammtverlustes

berechtigt, in irgend einer Individuenzahl auf einem Standorte zusammenkommen, so erfährt im Laufe der Jahre die Zahl der einen eine Vermehrung, die der andern eine Verminderung, und diess dauert solange, bis der Beharrungszustand erreicht ist. Dieser Zustand aber ist gegeben, wenn die Quote an dem Gesammtverlust für jede der beiden Formen gleich ist ihrer Quote an dem Gesammtersatz, also wenn

$$\frac{z}{d} = e \text{ und } \frac{z_1}{d_1} = e_1.$$

Man sieht leicht ein, dass es vollkommen gleichgültig ist, in welcher Individuenzahl jede der beiden Formen A und B anfänglich vertreten sei. Das schliessliche Resultat bleibt immer dasselbe; es tritt bloss das eine Mal früher, das andere Mal später ein.

Aus der Gleichung I lässt sich ferner sofort entnehmen, welche der beiden Formen ihre Zahl vermindern oder vermehren wird. Eine Zunahme von z und eine Abnahme von z_1 wird erfolgen, wenn $\frac{z}{d} < e$ oder $z < d.e$, also wenn $\frac{z_1}{d_1} > e_1$ oder $z_1 > d_1.e_1$.

Es versteht sich, dass die Gleichung in der gegebenen Form nur richtig ist, wenn die Individuen der beiden Formen einen gleich grossen Raum einnehmen, was allerdings im Allgemeinen der Fall ist, da es sich nur um sehr nahe verwandte Formen handelt. Würden sie einen ungleichen Raum einnehmen, so müsste diess durch einen das Verhältniss ausdrückenden Coeffizienten in Rechnung gebracht werden.

Für den mathematisch weniger orientirten Leser will ich ein Beispiel in Zahlen ausführen. Die mittlere Lebensdauer der Form A betrage 10 Jahre, die der Form B

20 Jahre, also $d = 10$ und $d_1 = 20$. Der Gesammtverlust werde zu $^1/_6$ von A, zu $^5/_6$ von B gedeckt, so dass auf 5 junge Pflanzen der Form B immer nur 1 der Form A aufwächst, also $e_1 = 5e$. — Unter diesen Bedingungen ist der stationäre Zustand erreicht, wenn $\frac{z}{10} = e$ und z_1 oder, was das Nämliche ist, $\frac{Z-z}{20} = 5e$. Daraus folgt $\frac{z}{10} = \frac{Z-z}{5.20}$ und ferner $z = \frac{Z}{11}$ und $z_1 = \frac{10\,Z}{11}$. Mit Worten, die Veränderung in den numerischen Verhältnissen der beiden Formen hört auf, wenn A mit $^1/_{11}$ und B mit $^{10}/_{11}$ der Gesammtindividuenzahl vertreten ist. Beträgt die letztere 1000, so treffen im Mittel 91 Individuen auf A, 909 auf B. Fortan verliert A im Jahr durchschnittlich 9, B dagegen 45 Pflanzen und die nämlichen Ziffern geben auch den jährlichen Nachwuchs von A und B an.[6])

Wäre in Folge irgend eines Ereignisses die Individuenzahl der beiden Formen A und B einmal gleich, z. B. je 500, so würde die Veränderung sogleich und zwar in folgender Weise beginnen. Im ersten Jahre beträgt der Verlust von A $\frac{500}{10} = 50$, der von B $\frac{500}{20} = 25$. Der Gesammtverlust von 75 Pflanzen wird durch die Form A mit $\frac{75}{6} = 12{,}5$ und durch die Form B mit $\frac{5.75}{6} = 62{,}5$ Individuen ersetzt. Die Individuenzahl von A ist somit nach einem Jahr

---

6) Wenn in einem andern Falle $d = 15$, $d_1 = 8$, $e_1 = 10e$ und $Z = 1000$, so wird im stationären Zustande $z = 157{,}9$ $z_1 = 842{,}1$, $e = 10{,}53$ und $e_1 = 105{,}3$.

Wenn in einem dritten Beispiel $d = 60$, $d_1 = 100$, $e_1 = \frac{2e}{5}$ und $Z = 1000$, so wird im Beharrungszustande $z = 600$ und $z_1 = 400$, $e = 10$ und $e_1 = 4$.

von 500 auf 462,5 gesunken, die von B von 500 auf 537,5 gestiegen. Im zweiten Jahr beträgt der Verlust von A $\frac{462,5}{10} = 46,2$ und derjenige von B $\frac{537,5}{20} = 26,9$. Der Gesammtverlust von 73,1 wird durch A mit $\frac{73,1}{6} = 12,2$ und durch B mit $\frac{5 . 73,1}{6} = 60,9$ gedeckt, und die Zahl von A hat sich nach 2 Jahren weiter auf 428,5 vermindert, diejenige von B auf 571,5 gesteigert.

In dieser Weise setzt sich die Abnahme der Individuenzahl von A und die Zunahme von B fort, bis der Beharrungszustand erreicht ist. Ich führe beispielsweise den Bestand für einige Jahre an. Es ist

im Anfange	$z = 500$	$z_1 = 500$
nach dem 1. Jahr	„ = 462,5	„ = 537,5
„ „ 2. „	„ = 428,5	„ = 571,5
„ „ 3. „	„ = 397,5	„ = 602,5
„ „ 4. „	„ = 369,4	„ = 630,6
„ „ 10. „	„ = 247,3	„ = 752,7
„ „ 11. „	„ = 233,0	„ = 767,0
„ „ 20. „	„ = 150,8	„ = 849,2
„ „ 21. „	„ = 145,3	„ = 854,7
„ „ 30. „	„ = 113,6	„ = 886,4
„ „ 31. „	„ = 111,5	„ = 888,5.

Die Abnahme von z und die Zunahme von z_1 wird von Jahr zu Jahr geringer, und es würde eine sehr lange Zeit erfordert, bis bei mathematischem Verlaufe die stationären Zahlen von 91 und 909 erreicht wären. In der Wirklichkeit werden wegen der numerischen Schwankungen die letzten zahlreichen kleinen Etappen rasch übersprungen. — Wegen dieser jährlichen Schwankungen wäre es auch richtiger und überzeugender, wenn statt der Jahre Perioden von

Jahren, z. B. Decaden, in die Rechnung eingeführt würden. Ich habe, um die Sache nicht complicirter zu machen, hievon abgesehen.

Noch anschaulicher wird die partielle Verdrängung, wenn anfänglich der Standort bloss mit Individuen der einen Form besetzt ist, und dann auf einmal eine hinreichende Menge von Samen der andern Form hingelangt. Man hat dann

Jahr	Zahl von A	Verlust	Ersatz	Zahl von B	Verlust	Ersatz
0	1000			0		
		100	16,7		0	83,3
1	916,7			83,3		
		91,7	16,0		4,2	79,9
2	841,0			159,0		
		84,1	15,8		7,9	76,7
3	772,2			227,8		
4	709,8			290,2		
5	653,1			346,9		
6	601,6			398,4		
7	554,7			445,3		
8	512,2			487,8		

etc.

Jahr	Zahl von A	Verlust	Ersatz	Zahl von B	Verlust	Ersatz
0	0			1000		
		0	8,3		50	41,7
1	8,3			991,7		
		0,8	8,4		49,6	42,0
2	15,9			984,1		
		1,6	8,5		49,2	42,3
3	22,8			977,2		

In dem ersten dieser beiden Fälle ist anfänglich bloss A vorhanden und zwar in 1000 Individuen. Seine Zahl

vermindert sich nach dem Hinzutreten von B stetig, bis sie auf 91 zusammengeschmolzen, indess sich B gleichzeitig vermehrt, bis die Zahl 909 erreicht ist. — In dem zweiten Falle hat zuerst B den Standort inne, und wird durch das hinzukommende A nach und nach theilweise verdrängt, bis die nämlichen stationär bleibenden Zahlen (91 für A und 909 für B) eingetreten sind.

In dem eben angegebenen Beispiele ist e_1 eine höchst einfache Function des ersten Grades von e. Die Beziehungen zwischen zwei concurrirenden Formen sind aber so complicirt, dass sie oft durch eine zusammengesetztere und einem höheren Grade angehörende Function auszudrücken sein werden. Ich will noch ein solches Beispiel anführen. Es sei $d = 8$, $d_1 = 25$, $e_1 = \frac{e^2 - e + 5}{2}$ und $Z = 1000$, so ergibt die Rechnung für den stationären Zustand $z = 70{,}7$ und $z_1 = 929{,}3$. In diesem Falle ist also die partielle Verdrängung vollendet, und ein dauernder Zustand erreicht, wenn die Form A in der Individuenzahl 71 und die Form B in der Zahl 929 vorhanden ist. Der jährliche Verlust und Ersatz betragen nun im Mittel 9 Individuen für A und 37 für B.

Wäre auf dem Standorte einmal bloss die Form A vorhanden (also $z = 1000$ und $z_1 = 0$) und es würde plötzlich eine hinreichende Menge Samen der Form B hergeführt, so würde der Verlust von A, welcher jährlich im Mittel 125 Pflanzen beträgt, sofort durch 15 Individuen der Form A und 109 von B ersetzt, und es wäre im folgenden Jahre, als Anfang der partiellen Verdrängung, $z = 890$ und $z_1 = 110$.

Wenn umgekehrt einmal nur die Form B sich auf der betreffenden Localität befände (also $z = 0$ und $z_1 = 1000$) und es kämen Samen von A in ausreichender Menge hin, so würde der bisherige Verlust von B, der sich auf 40 Indi-

viduen beläuft, im ersten Jahre durch 8,2 von A, und durch 31,8 von B ersetzt, und es wäre als erste Stufe der theilweisen Verdrängung $z = 8{,}2$ und $z_1 = 991{,}8$.

Die Gleichung I gestattet mathematisch bloss eine partielle, keine totale Verdrängung, denn man mag für d und d_1 jeden beliebigen möglichen Werth (d. h. jeden positiven und reellen Werth grösser als 1) und für $\frac{e}{e_1}$ jede beliebige mögliche (d. h. positive und reelle) Grösse setzen, so erhält man für z und z_1 immer positive und reelle Zahlen.[7]) Anders verhält es sich mit der physischen Verdrängung; dieselbe wird leicht total, wenn z oder z_1 im stationären Zustande eine sehr kleine Grösse darstellt. Wenn z. B. der Form A auf einem Standorte eine mittlere Individuenzahl von 992, der Form B eine solche von 8 der Concurrenz nach zukommt, so wird die letztere früher oder später gänzlich verdrängt. Denn in Folge der unvermeidlichen Schwankungen steigt die Zahl von B das eine Mal auf 14 und 15; ein anderes Mal sinkt sie auf 2 und 1 herab, und jetzt darf nur irgend ein ungünstiger Zufall dazwischen kommen, um sie ganz auszutilgen. Es können auch bei

---

7) Bei einer theoretisch mathematischen Behandlung der Gleichung I kann man natürlich für das Verhältniss e zu e_1 jeden beliebigen Werth einsetzen und man erhält für den Beharrungszustand von z und z_1 immer bestimmte Werthe. In unserem Falle aber sind die Annahmen durch die thatsächlich gegebenen Bedingungen eingeengt. Der jährliche Ersatz (e und e_1) muss durch ganze positive Zahlen gegeben sein, die Summe des Ersatzes ($e + e_1$) muss der Summe des Verlustes $\left(\frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1}\right)$ gleich sein, der Werth von z (ebenso derjenige von z_1) muss zwischen 0 und Z liegen. Ich habe diess als selbstverständlich vorausgesetzt und es unterlassen, bei der Gleichung I, sowie bei den folgenden allgemeinen Gleichungen die Bedingungsgleichungen für die Grenzen anzugeben, innerhalb welcher die Verdrängung möglich erscheint.

kleinen Individuenzahlen die Schwankungen nach unten bis Null selbst gehen; es können die wenigen der betreffenden Form angehörenden Pflanzen alle von den gleichen, die Schwankungen bedingenden klimatischen Einflüssen vernichtet werden.

Da $z = d.e$, so wird die kleine Individuenzahl des stationären Zustandes bedingt entweder zugleich durch eine geringe Lebensdauer und einen geringen jährlichen Ersatz oder durch einen äusserst geringen Ersatz bei nicht übermässiger Lebensdauer. Ist $d = 50$, $d_1 = 3$ und $e_1 = \frac{e}{15}$, so kommen auf 1000 Individuen von A bloss 4 von B. Ist $d = 30$, $d_1 = 10$ und $e_1 = \frac{e}{100}$ (der Nachwuchs von B mangelt fast gänzlich), so gehen auf 900 Individuen der Form A bloss 3 der Form B. Wenn es sich aber um die Concurrenz zweier nahe verwandter Formen handelt, so ist nicht sehr wahrscheinlich, dass dieselben sich rücksichtlich der Lebensdauer und rücksichtlich des Nachwuchses in der Weise ungleich verhalten, wie es erfordert wird, um die gänzliche Verdrängung der einen zu verursachen. Unter den für die Gleichung I gemachten Voraussetzungen wird also im Allgemeinen nur eine partielle Verdrängung eintreten.

Die Gleichung I beruht auf gewissen Voraussetzungen, welche sicher oft, aber jedenfalls nicht immer erfüllt sind. Sie bestehen darin, dass die Lebensdauer der beiden Formen und das Verhältniss ihrer Ersatzquoten bloss von den constant angenommenen inneren Anlagen und äusseren Einflüssen abhängen, dass die Werthe von d und d_1, e und e_1 unabhängig von einander und von z und z_1 seien. Die Pflanzen der Form A erreichen somit auf dem betreffenden Standort ein gleichbleibendes mittleres Alter, ob sie selber und diejenigen

der Form B in grösserer oder geringerer Menge vorhanden seien. Ebenso bleibt der relative Ersatz für A und B der nämliche, welches auch die Individuenmengen und die individuelle Lebensdauer dieser beiden Formen seien. Man möchte vielleicht geneigt sein anzunehmen, dass die Menge der Samen oder Keime und demgemäss die Menge der Pflanzen nothwendig auf den Ersatz massgebend einwirken müsse. Diess ist jedoch nicht der Fall, wenn die Samen in grossem Uebermass erzeugt werden. Wenn z. B. jährlich bloss für 10 neue Pflanzen Raum ist, so vertheilen sich dieselben nach dem gleichen Verhältniss auf die Formen A und B, ob von A 5000 und von B 100000 oder umgekehrt von A 100000 und von B bloss 5000 Samen zur Disposition stehen, ob somit B in grosser und A in geringer Individuenzahl vertreten sei oder umgekehrt.

Die genannten Annahmen gelten aber nicht für alle Fälle. Es ist einmal denkbar, dass die Lebensdauer in gewisser Abhängigkeit stehe von der Individuenzahl der eigenen oder der concurrirenden Form. Wenn sie bloss von der Zahl der eigenen Form modificirt wird, so haben wir die allgemeine Gleichung

$$\frac{z}{f\left(\delta, \frac{z}{Z}\right)} + \frac{z_1}{\varphi\left(\delta_1, \frac{z_1}{Z}\right)} = e + e_1. \qquad \text{II)}$$

Die Lebensdauer der Individuen, welche in der Gleichung I mit den constanten Werthen d und d_1 erscheint, ist hier eine Function einer in jedem einzelnen Fall constanten Grösse (δ und δ_1), welche alle inneren und äusseren Momente begreift, die auf das Alter Einfluss haben, und einer in jedem einzelnen Falle variabeln (z und z_1), indem die Individuenzahl bis zum Eintritt des stationären Zustandes sich verändert. Dadurch, dass die Lebensdauer von der Individuenzahl abhängig ist, wird sie bald erhöht, bald er-

niedrigt. $f\left(\delta, \frac{z}{Z}\right)$ ist also bald grösser bald kleiner als das d der Gleichung I. Beides muss in Wirklichkeit eintreten können. Wenn z. B. ein nothwendiger Nährstoff in geringer Menge vorhanden ist, so muss er, wenn die Zahl der Individuen zunimmt, deren Alter vermindern. Ein schädlicher Einfluss dagegen, dessen Quantität und Intensität gleich bleibt, wird bei Zunahme der Individuenzahl günstig auf die Lebensdauer einwirken, weil er jetzt bei grösserer Vertheilung jedes einzelne Individuum weniger affizirt.

Zunächst will ich einige bestimmte Functionen in die allgemeine Gleichung einführen. Da das wissenschaftliche Publikum, welches sich für die Verdrängung interessirt, ein sehr ungleiches mathematisches Verständniss besitzt, so hielt ich es für zweckmässig in verschiedenen Beispielen den Einfluss der Grösse z auf die Grösse d und die Wirksamkeit der Gleichung deutlich zu machen. Der Leser wird sie nach Belieben als überflüssig überschlagen, indem sie für diesen Zweck mit kleinerer Schrift gedruckt sind.

Ich bemerke hiezu, dass die Ausdrücke für die Lebensdauer $f\left(\delta, \frac{z}{Z}\right)$ und $\varphi\left(\delta_{,}, \frac{z_{,}}{Z}\right)$ in der Form von Producten $\delta\, f\left(\frac{z}{Z}\right)$ und $\delta_{,}\, \varphi\left(\frac{z_{,}}{Z}\right)$ gegeben sind. Es schien mir diess der Natur der Sache am meisten angemessen. Auch dient es zur leichteren Vergleichung mit der Gleichung I, indem, wenn der eine Factor der Producte, welcher z oder $z_{,}$ enthält, $= 1$ wird, der andere Factor δ oder $\delta_{,}$ in die Grösse d oder $d_{,}$ jener Gleichung übergeht.

Ich bemerke ferner, dass die Individuenzahl in dem Ausdrucke für die Lebensdauer immer als $\frac{z}{Z}$ oder auch als $\frac{Z}{z}$ erscheint. Diess ist nothwendig, um die letztere von Z unabhängig zu machen. Wären lediglich z und $z_{,}$ in die Gleichung eingeführt, so würde das Alter der Individuen mit der Grösse von Z, also auch mit der Grösse des Standortes sich verändern, was natürlich unstatthaft ist. — Um dess zu vermeiden, könnte man unter z und $z_{,}$ auch Procentzahlen verstehen, so dass immer $z + z_{,} = Z = 100$. Ich glaubte, dass es manchem Leser anschaulicher wäre, wenn für z und $z_{,}$ unmittelbar jede beliebige Zahl gesetzt werden kann.

Die Gleichungen, welche als Beispiele für die allgemeine Gleichung II und für die folgenden allgemeinen Gleichungen angeführt werden, sind meistens solche des zweiten, einige auch des dritten, oder eines höheren Grades, bieten aber der Lösung keine besonderen Schwierigkeiten. Die schwierigeren verlangen die Anwendung der Cardanischen Regel.

1) $$\frac{z}{\delta\left(1-\frac{m z}{Z}\right)}+\frac{z_,}{\delta_,\left(1-\frac{m_, z_,}{Z}\right)}=e+e_,$$

m und $m_,$ sind Constanten mit positivem Vorzeichen; $\frac{m z}{Z}$ und $\frac{m_, z_,}{Z}$ müssen kleiner als 1 sein Der stationäre Zustand ist erreicht, wenn

$$\frac{z}{\delta\left(1-\frac{m z}{Z}\right)}=e \text{ und } \frac{z_,}{\delta_,\left(1-\frac{m_, z_,}{Z}\right)}=e_,$$

Setzen wir $\delta = 72$, $\delta_, = 36$, $m = \frac{5}{6}$, $m_, = \frac{5}{9}$, $Z = 1000$ und $e_, = 8\,e$, so erhält man nach Ausführung der Rechnung folgende Werthe[8]) $z = 252$, $z_, = 748$, $\delta\left(1-\frac{m z}{Z}\right) = 56{,}88$, $\delta_,\left(1-\frac{m_, z_,}{Z}\right) = 21{,}04$, $e = 4{,}43$ und $e_, = 35{,}54$. Mit Worten, im Beharrungszustande ist die Lebensdauer bei der Form A, welche ohne Einfluss von z 72 Jahre betrüge, nun auf 57, diejenige bei der Form B ist von 36 auf 21 vermindert. Die Individuenzahlen von A und B, welche ohne den Einfluss von z und $z_,$ 200 und 800 betragen würden, belaufen sich nun auf 252 und 748. Der jährliche Nachwuchs von A und B, der sonst 2,78 und 22,22 wäre, ist jetzt 4,43 und 35,54.

Ist die Form A einmal allein in der Zahl von 1000 Pflanzen vorhanden, so sinkt die Lebensdauer auf 12 Jahre, und es beträgt der jährliche Verlust und ebenso der Ersatz 83,33, welcher ohne den Einfluss von z bei einer Lebensdauer von 72 Jahren 13,9 betrüge. Wenn nun plötzlich eine hinreichende Menge Samen der

8) Die Gleichung als solche des zweiten Grades gibt für und $z_,$ je zwei Werthe, einen positiven und einen negativen, von denen nur der erste brauchbar und möglich ist.

Form B auf den Standort von A gelangt, so wird im nächsten Jahre der Verlust, welcher 83,33 beträgt, durch 9,26 von A und 74,07 von B ersetzt, und die erste Stufe in der beginnenden Veränderung zeigt uns 926 Individuen der Form A und 74 der Form B, während ohne die Einwirkung von z auf die Lebensdauer der Verlust 13,9 durch A mit 1,5 und durch B mit 12,4 ersetzt würde, so dass nach dem ersten Jahre die Individuenzahlen von A und B 987,6 und 12,4 betrügen.

Machen wir die gleiche Annahme für die Form B, so erhalten wir bei einer Individuenzahl von 1000 eine Lebensdauer = 16 und einen jährlichen Verlust = 62,5 und im ersten Jahre nach der Einwanderung von A eine Individuenzahl von B = 993 und von A = 7, während ohne die Einwirkung von z, auf das Alter bei einer Individuenzahl von 1000 und einer Lebensdauer von 36 Jahren der jährliche Verlust 27,9 und im ersten Jahre nach dem Eindringen von A die Individuenzahlen 997 und 3 wären.

Die Lebensdauer bei der Form A sei ferner $\frac{\delta}{1 + \frac{m z}{Z}}$ und diejenige bei der Form B $\frac{\delta_{,}}{1 + \frac{m_{,} z_{,}}{Z_{1}}}$ so hat man die Gleichung

$$2) \quad \frac{z}{\frac{\delta}{1 + \frac{m z}{Z}}} + \frac{z_{,}}{\frac{\delta_{,}}{1 + \frac{m_{,} z_{,}}{Z}}} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $m = 3$, $m_{,} = 1/2$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10 e$, so wird im stationären Zustande die Lebensdauer von A = 10,3 (statt 15) und diejenige von B = 5,6 Jahre (statt 8), die Individuenzahl von A = 154 (statt 158), die von B = 846 (statt 842), der jährliche Ersatz von A = 15 (statt 10,5) und der von B = 150 (statt 105).[9])

$$3) \quad \frac{z}{\delta \sqrt{\frac{z}{Z}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,} \sqrt{\frac{z_{,}}{Z}}} = e + e_{,}$$

---

9) Die in (   ) eingeschlossenen Werthe beziehen sich, wie ıch in der Folge, auf den Fall wo die Function von δ und z onstant geworden und die Gleichung II in die Gleichung I übergangen ist.

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10e$, so ist im Beharrungszustande d (Lebensdauer bei der Form A) $= 2{,}75$ (statt 15), $d_{,}$ (Lebensdauer bei B) $= 7{,}86$ (statt 8), $z = 34$ (statt 158), $z_{,} = 966$ (statt 842), $e = 12{,}3$ (statt 10,5) und $e_{,} = 123$ (statt 105).

4) $$\frac{z}{\delta \frac{Z}{10z}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,} \frac{Z}{10z_{,}}} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$ und $e_{,} = 10e$, so wird im stationären Zustande $d = 5$ Jahre (statt 15), $d_{,} = 1{,}16$ (statt 8), $z = 300$ (statt 158), $z_{,} = 700$ (statt 842), $e = 60$ (statt 10,5) und $e_{,} = 600$ (statt 105). Hier ist die Form B durch den Einfluss der Individuenzahl auf das Alter fast einjährig geworden, indem unter 100 Individuen z. B. 84 einjährige und 16 zweijährige sich befinden.

5) $$\frac{z}{\delta\left(1 + \frac{m\,z}{Z}\right)} + \frac{z_{,}}{\delta_{,}\left(1 + \frac{m_{,}\,z_{,}}{Z}\right)} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 6$, $m = 4/5$, $m_{,} = 5$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 8e$, so wird im Gleichgewichtszustande $d = 16{,}2$ (statt 15), $d_{,} = 34{,}35$ (statt 6), $z = 55$ (statt 238), $z_{,} = 945$ (statt 762), $e = 3{,}4$ (statt 15,9) und $e_{,} = 27{,}5$ (statt 127).

6) $$\frac{\frac{z}{\delta}}{1 - \frac{m\,z}{Z}} + \frac{\frac{z_{,}}{\delta_{,}}}{1 - \frac{m_{,}\,z_{,}}{Z}} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $m = 1$, $m_{,} = 1/4$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10e$, so wird im Beharrungszustande $d = 17{,}6$ (statt 15), $d_{,} = 10{,}2$ (statt 8), $z = 148{,}5$ (statt 158), $z_{,} = 851{,}5$ (statt 842), $e = 8{,}4$ (statt 10,5) und $e_{,} = 83{,}8$ (statt 105).

7) $$\frac{z}{\delta \sqrt{\frac{Z}{z}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,} \sqrt{\frac{Z}{z_{,}}}} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10e$, so wird im stationären Zustande $d = 30$, $d_{,} = 9{,}2$, $z = 246{,}7$ (statt 158), $z_{,} = 753{,}3$ (statt 842), $e = 8{,}2$ (statt 10,5) und $e_{,} = 82$ (statt 105).

8) $$\frac{z}{\delta \frac{Z}{z}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,} \frac{Z}{z_{,}}} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10e$, so wird i Beharrungszustande $d = 49{,}7$, $d_{,} = 11{,}5$, $z = 302$ (statt 158 $z_{,} = 698$ (statt 842), $e = 6{,}1$ (statt 10,5) und $e_{,} = 61$ (statt 105

9) $$\frac{z}{\delta\left(1-\frac{m\,z}{Z}\right)}+\frac{z_{,}}{\delta_{,}\left(1+\frac{m\,z}{Z}\right)}=e+e_{,}$$

Wenn $\delta = 12$, $\delta_{,} = 3$, $m = \frac{9}{10}$, $m_{,} = 9$, $Z = 1000$ und $e_{,} = \frac{2e}{5}$, so wird im stationären Zustande $d = 6{,}6$ (statt 12), $d_{,} = 16{,}5$ (statt 3), $z = 500$ (statt 909), $z_{,} = 500$ (statt 91) $e = 75{,}76$ ($= 75{,}76$), $e_{,} = 30{,}3$ ($= 30{,}3$). e und $e_{,}$ haben in diesem speciellen Fall die gleichen Werthe, wie in der Gleichung mit constantem d und $d_{,}$.

10) $$\frac{z}{\delta\sqrt{\frac{Z}{z}}}+\frac{z_{,}}{\delta_{,}\sqrt{\frac{z_{,}}{Z}}}=e+e_{,}.$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10e$, so wird im stationären Zustande $d = 27{,}76$, $d_{,} = 6{,}73$, $z = 292$ (statt 158), $z_{,} = 708$ (statt 842), $e_{,} = 10{,}5$ ($= 10{,}5$) und $e_{,} = 105$ ($= 105$).

11) $$\frac{z}{\delta\left(1-\frac{m\,z}{Z}\right)}+\frac{z_{,}}{d_{,}}=e+e_{,}$$

Wenn $\delta = 72$, $d_{,} = 36$, $m = \frac{5}{6}$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 8e$, so wird im Beharrungszustande $d = 61{,}5$, $z = 175$ (statt 200), $z_{,} = 825$ (statt 800), $e = 2{,}85$ (statt 2,78) $e_{,} = 22{,}92$ (statt 22,22).

12) $$\frac{z}{\delta\sqrt{\frac{Z}{z}}}+\frac{z_{,}}{d_{,}}=e+e_{,}.$$

Wenn $\delta = 15$, $d_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10e$, so wird im stationären Zustande $d = 29{,}1$, $z = 266{,}5$ (statt 158), $z_{,} = 733{,}5$ (statt 842), $e = 9{,}17$ (statt 10,5) und $e_{,} = 91{,}7$ (statt 105).

Für die Gleichungen 1) bis 8) wurde angenommen, dass die Individuenzahl bei beiden Formen in gleichem Sinne auf die Lebensdauer einwirke. Die letztere wird dadurch in den Gleichungen 1) bis 4) erniedrigt, in 5) bis 8) erhöht. In den Gleichungen 9) und 10) wirkt die Individuenzahl in entgegengesetztem Sinne auf das Alter bei den Formen A und B ein. In 11) und 12) ist die Lebensdauer der einen Form unabhängig von der Menge ihrer Individuen.

Rücksichtlich der Verdrängung verhält sich die Gleichung II m Allgemeinen wie die Gleichung I. Die gegenseitige Verdrängung ist bloss partiell. Es giebt für jeden einzelnen

Fall einen stationären Zustand mit constant bleibenden mittleren Individuenzahlen der Formen A und B. Ist das Gleichgewicht einmal aus irgend einem Grunde gestört, sind somit die beiden Formen in einem andern Zahlenverhältniss vertreten, so ändert sich dieses jährlich, bis das Gleichgewicht wieder erreicht ist. Der Einfluss der Individuenzahl auf das mittlere Alter giebt sich nur darin zu erkennen, dass eine Erhöhung des letzteren den Verdrängungsprocess verlangsamt, während die Erniedrigung der Lebensdauer ihn beschleunigt.

Unter den zahllosen Fällen, welche die allgemeine Gleichung II zulässt, giebt es nur einen einzigen, in welchem mathematisch eine totale Verdrängung erfolgt, nämlich wenn die Lebensdauer proportional der Individuenzahl ist, wenn also ihre Ausdrücke die Gestalt annehmen, $\frac{\delta z}{Z}$ und $\frac{\delta_1 z_1}{Z}$. Diese Voraussetzung kann aber wohl als physisch beinahe unmöglich bezeichnet werden.

Der genannte Grenzfall tritt nur ein, wenn die allgemeine Gleichung sich folgendermassen gestaltet

$$\frac{1}{\delta}\frac{z}{f\left(\frac{z}{Z}\right)} + \frac{1}{\delta_{,}}\frac{z_{,}}{\varphi\left(\frac{z_{,}}{Z}\right)} = e + e_{,}$$

und wenn zugleich hierin die mit $\frac{1}{\delta}$ und $\frac{1}{\delta_{,}}$ verbundenen Factoren einander gleich werden, was nur dann erfolgt, wenn $f\left(\frac{z}{Z}\right) = \frac{z}{Z}$ und $\varphi\left(\frac{z_{,}}{Z}\right) = \frac{z_{,}}{Z}$. Man hat nun die Gleichung

13) $$\frac{z}{\delta\frac{z}{Z}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,}\frac{z_{,}}{Z}} = e + e_{,}$$

oder was das Nämliche ist

$$\frac{Z}{\delta} + \frac{Z}{\delta_{,}} = e + e_{,}$$

Diese Gleichung führt im Allgemeinen die totale Verdrängung herbei. In einem besondern Falle aber bleibt die Verdrängung

ganz aus; nämlich dann, wenn $\frac{Z}{\delta} = e$ und $\frac{Z}{\delta_{\prime}} = e_{\prime}$, und somit auch $\delta e = \delta_{\prime} e_{\prime}$. Da z und $z_{\prime}$ in diesen Bedingungsgleichungen fehlen, so folgt daraus, dass diese Grössen mathematisch unbestimmt sind, dass also die Formen A und B in jedem beliebigen Zahlenverhältniss die Gesammtsumme Z zusammensetzen können, und dass sie in dem einmal bestehenden Verhältniss fortan verharren müssen.[10])

Es sei in der Gleichung 13) $\delta = 150$, $\delta_{\prime} = 80$ und $Z = 1000$, ferner $e = \frac{Z}{\delta} = 6{,}67$ und $e_{\prime} = \frac{Z}{\delta_{\prime}} = 12{,}5$, so besteht Beharrung bei jeder Grösse von z und $z_{\prime}$. Es sei z. B. $z = 500$ und $z_{\prime} = 500$, so wird die Lebensdauer von A oder $d = 15$ und diejenige von B oder $d_{\prime} = 72$, Verlust und Ersatz von $A = 6{,}67$, von $B = 12{,}5$. Wenn $z = 6{,}67$ und $z_{\prime} = 993{,}33$, so wird $d = 1$ und $d_{\prime} = 79{,}47$ während Verlust und Ersatz von A wieder 6,67 und von B 12,5 betragen. Wenn $z = 987{,}5$ und $z_{\prime} = 12{,}5$, so wird $d = 148{,}125$ und $d_{\prime} = 1$, Verlust und Ersatz von A und B wieder 6,67 und 12,5.

Das Beharren der beiden Formen in der einmal vorhandenen Individuenzahl ist die nothwendige Folge des Umstandes, dass jede Form ihren jährlichen Verlust durch einen gleich grossen Ersatz deckt. Ist dagegen das Verhältniss des jährlichen Nachwuchses ein anderes, ist $\frac{Z}{\delta} \lesseqgtr e$ und $\frac{Z}{\delta_{\prime}} \gtreqless e_{\prime}$, so erfolgt nothwendig die totale Verdrängung der einen Form. Denn wenn z. B. $\frac{Z}{\delta} > e$, so bleibt diese ungünstige Störung der jährlichen Bilanz, bis die Zahl von A (z) Null geworden ist. Wenn dagegen $\frac{Z}{\delta} < e$, so nimmt z jährlich zu, bis es die Zahl Z erreicht hat und die Form B verschwunden ist. — Es sei in der Gleichung 13) wieder $\delta = 150$, $\delta_{\prime} = 80$, $Z = 1000$, aber $e_{\prime} = 3e$. Nun ist der jährliche Verlust von A

---

10) Diese mathematische Folgerung würde physisch insofern eine Beschränkung erleiden, als z nicht unter $\frac{Z}{\delta}$ und $z_{\prime}$ nicht unter $\frac{Z}{\delta_{\prime}}$ sinken kann. Diese Grenzwerthe geben nämlich den constanten, von der Individuenzahl unabhängigen Verlust und Ersatz an; sie sind zugleich auch die untern Grenzen für die Mengen der Individuen, deren Lebensdauer $\frac{\delta z}{Z}$ und $\frac{\delta_{\prime} z_{\prime}}{Z}$ nicht kleiner als 1 werden darf.

(unabhängig von der Grösse von z) = 6,67, der jährliche Verlust von B = 12,5. Der Gesammtverlust von 19,17 wird von A zu $^1/_4$, also mit 4,79, von B zu $^3/_4$, also mit 14,38 gedeckt. Es muss daher die Individuenzahl von A (z) jährlich um 1,88 abnehmen, diejenige von B ($z_{,}$) um den gleichen Betrag zunehmen, bis $z_{,} = 1000$ und und $z = 0$.

Wenn in der allgemeinen Gleichung II bloss die Individuenzahl der einen Form die in 13) für beide Formen eingeführte Gestalt annimmt, so besteht wie in allen andern Fällen eine theilweise Verdrängung. Das einfachste Beispiel hiefür ist folgende Gleichung

14) $$\frac{z}{\delta \frac{z}{Z}} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = e + e_{,}.$$

Hierin sind z und $z_{,}$, ferner das Alter von A oder $\frac{\delta z}{Z}$ endlich e und $e_{,}$ variabel, δ und $d_{,}$ constant. Wenn $\delta = 15$, $d_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = \frac{e}{3}$, so wird im stationären Zustande $e = 66,67$, $e_{,} = 22,22$, $z = 822,2$, $z_{,} = 177,8$ und das Alter von A = 12,33.

Ein allgemeiner möglicher Fall ist ferner der, dass die mittlere Lebensdauer der einen Form modifizirt wird durch die Individuenzahl der andern Form, während sie von der eigenen unabhängig ist. Es ist denkbar, dass die Pflanzen von A in ihrem Gedeihen beeinträchtigt werden durch diejenigen von B, weil die letzteren ein stärkeres Wurzelvermögen besitzen, und jenen die Nahrung wegnehmen, oder weil sie grösser werden und jene beschatten u. s. w. Es kann aber auch die Anwesenheit der Form B günstig auf das Wohlbefinden von A einwirken, wenn jene einen ungünstigen Einfluss, z. B. die Angriffe eines Thieres von A theilweise fern hält. Für diese Voraussetzungen gilt die allgemeine Gleichung

III $$\frac{z}{f\left(\delta, \frac{z_1}{Z}\right)} + \frac{z_1}{\varphi\left(\delta_1, \frac{z}{Z}\right)} = e + e_1.$$

Diese Gleichung verhält sich wie II, indem sie im Allgemeinen ebenfalls nur eine partielle Verdrängung gestattet.

15) $$\frac{z}{\delta\left(1+\frac{m_, z_,}{Z}\right)}+\frac{z_,}{\delta_,\left(1+\frac{m z}{Z}\right)}=e+e_,.$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_, = 8$, $m = 3$, $m_, = {}^1/_2$, $Z = 1000$ und $e_, = 10\,e$, so wird im stationären Zustande $d = 21{,}35$, $d_, = 11{,}70$, $z = 154$ (statt 158), $z_, = 846$ (statt 842), $e = 7{,}2$ (statt 10,5) und $e_, = 72{,}2$ (statt 105).

16) $$\frac{\frac{z}{\delta}}{1-\frac{m_, z_,}{Z}}+\frac{\frac{z_,}{\delta_,}}{1-\frac{m z}{Z}}=e+e_,$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_, = 8$, $m = 3$, $m_, = {}^1/_2$, $Z = 1000$ und $e_, = 10\,e$, so wird im Beharrungszustande $d = 26{,}05$, $d_, = 14{,}67$, $z = 151{,}5$ (statt 158), $z_, = 848{,}5$ (statt 842), $e = 5{,}81$ (statt 10,5) und $e_, = 58{,}1$ (statt 105).

17) $$\frac{z}{\delta\sqrt{\frac{Z}{z_,}}}+\frac{z_,}{\delta_,\sqrt{\frac{Z}{z}}}=e+e_,.$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_, = 8$, $Z = 1000$ und $e_, = 10\,e$, so wird für das Gleichgewichtstadium $d = 15{,}3$, $d_, = 43{,}4$, $z = 34$ (statt 158), $z_, = 966$ (statt 842), $e = 2{,}22$ (statt 10,5), $e_, = 22{,}2$ (statt 105).

18) $$\frac{z}{\delta\left(1-\frac{m_, z_,}{Z}\right)}+\frac{z_,}{\delta_,\left(1-\frac{m z}{Z}\right)}=e+e_,.$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_, = 8$, $m = 1$, $m_, = {}^1/_4$, $Z = 1000$ und $e_, = 10\,e$, so wird im stationären Zustande $d = 11{,}8$, $d_, = 6{,}8$, $z = 147{,}5$ (statt 158), $z_, = 852{,}5$ (statt 842), $e = 12{,}5$ (statt 10,5) und $e_, = 125{,}0$ (statt 105).

19) $$\frac{\frac{z}{\delta}}{1+\frac{m_, z_,}{Z}}+\frac{\frac{z_,}{\delta_,}}{1+\frac{m z}{Z}}=e+e_,.$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_, = 8$, $m = 1$, $m_, = {}^1/_4$, $Z = 1000$ und $= 10\,e$, so wird im stationären Zustande $d = 12{,}37$, $d_, = 6{,}95$, $= 151{,}1$ (statt 158), $z_, = 848{,}9$ (statt 842), $e = 12{,}21$ (statt 10,5) ıd $e_, = 122{,}1$ (statt 105).

$$20) \quad \frac{z}{\delta \sqrt{\frac{z_i}{Z}}} + \frac{z_i}{\delta_i \sqrt{\frac{z}{Z}}} = e + e_i.$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_i = 8$, $Z = 1000$ und $e_i = 10\,e$, so wird im Beharrungszustande $d = 13{,}02$, $d_i = 3{,}97$, $z = 246{,}7$ (statt 158), $z_i = 753{,}3$ (statt 842), $e = 18{,}95$ (statt 10,5), $e_i = 189{,}5$ (statt 105).

$$21) \quad \frac{z}{\delta \frac{z_i}{Z}} + \frac{z_i}{\delta_i \frac{z}{Z}} = e + e_i.$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_i = 8$, $Z = 1000$ und $e_i = 10\,e$, so wird im Gleichgewichtszustande $d = 10{,}47$, $d_i = 2{,}42$, $z = 302$ (statt 158), $z_i = 698$ (statt 842), $e = 28{,}84$ (statt 10,5), $e_i = 288{,}4$ (statt 105).

Es wurde bei den Gleichungen 15) bis 21) die Annahme gemacht, dass die Individuenzahl in gleichem Sinne die Lebensdauer der beiden Formen modifizire, und zwar vermehrt sie dieselbe bei 15) bis 17) und vermindert sie bei 18) bis 21). Die fernere Annahme, dass die Lebensdauer bei den beiden Formen in ungleicher Weise durch z und z_i verändert werde, oder dass sie bei der einen derselben von diesen Grössen unabhängig sei, würde ebenfalls nur Beispiele für die partielle Verdrängung ergeben.

Es giebt auch für die allgemeine Gleichung III unter den zahllosen besondern Fällen, deren sie fähig ist, nur einen einzigen, welcher die totale Verdrängung zulässt, nämlich wenn die Lebensdauer jeder der beiden Formen im umgekehrten Verhältniss steht zur Individuenzahl der andern Form, wenn also die Ausdrücke dafür die Form erhalten $\frac{\delta\, Z}{z_i}$ und $\frac{\delta_i\, Z}{z}$.

Für diesen Grenzfall muss die Gleichung III die Gestalt annehmen

$$\frac{1}{\delta} \frac{z}{f\left(\frac{z_i}{Z}\right)} + \frac{1}{\delta_i} \frac{z_i}{\varphi\left(\frac{z}{Z}\right)} = e + e_i$$

und es müssen ferner die mit $\frac{1}{\delta}$ und $\frac{1}{\delta_i}$ verbundenen Factoren einander gleich werden. Damit aber diess geschehe, muss $f\left(\frac{z_i}{Z}\right) = \frac{Z}{z_i}$ und $\varphi\left(\frac{z}{Z}\right) = \frac{Z}{z}$ werden. Man erhält somit die Gleichung

$$22) \quad \frac{z}{\delta \frac{Z}{z_i}} + \frac{z_i}{\delta_i \frac{Z}{z}} = e + e_i \text{ oder}$$

$$\frac{1}{\delta}\frac{z\,z_{,}}{Z} + \frac{1}{\delta_{,}}\frac{z\,z_{,}}{Z} = e + e_{,}.$$

In dieser, wie in allen andern Gleichungen, kann je nach den numerischen Werthen von δ und $\delta_{,}$ und dem Verhältniss von $e : e_{,}$ der jährliche Verlust und der jährliche Ersatz jeder einzelnen Form alle möglichen gegenseitigen Verhältnisse zeigen. So kann der Verlust von A grösser sein als der Ersatz, wobei dann nothwendig der Verlust von B kleiner ist als der Ersatz, also

$$\frac{1}{\delta}\,\frac{z\,z_{,}}{Z} > e \text{ und } \frac{1}{\delta_{,}}\,\frac{z\,z_{,}}{Z} < e_{,}, \text{ somit}$$

$$\frac{z\,z_{,}}{Z} > \delta\, e \text{ und } \frac{z\,z_{,}}{Z} < \delta_{,} e_{,} \text{ und ferner}$$

$$\delta\, e < \delta_{,} e_{,} \text{ oder } e_{,} > \frac{\delta\, e}{\delta_{,}}$$

d. h. es erfolgt totale Verdrängung der Form A, wenn $e_{,} > \frac{\delta\, e}{\delta_{,}}$ indem der Verlust für jede Grösse von z und $z_{,}$ den Ersatz überwiegt.

Wenn der Verlust von A kleiner ist als der Ersatz und der Verlust von B grösser als der Ersatz, wenn

$$\frac{1}{\delta}\,\frac{z\,z_{,}}{Z} < e \text{ und } \frac{1}{\delta_{,}}\,\frac{z\,z_{,}}{Z} > e_{,}, \text{ somit}$$

$$\frac{z\,z_{,}}{Z} < \delta\, e \text{ und } \frac{z\,z_{,}}{Z} > \delta_{,}\, e_{,} \text{ und daher}$$

$$\delta\, e > \delta_{,}\, e_{,} \text{ oder } e_{,} < \frac{\delta\, e}{\delta_{,}},$$

so wird die Form B vollständig verdrängt.

Sind aber Verlust und Ersatz für jede der beiden Formen sich gleich, ist

$$\frac{1}{\delta}\,\frac{z\,z_{,}}{Z} = e \text{ und } \frac{1}{\delta_{,}}\,\frac{z\,z_{,}}{Z} = e_{,}, \text{ somit}$$

$$\frac{z\,z_{,}}{Z} = \delta\, e \text{ und } \frac{z\,z_{,}}{Z} = \delta_{,}\, e_{,} \text{ und ferner}$$

$$\delta\, e = \delta_{,}\, e_{,} \text{ und } e_{,} = \frac{\delta\, e}{\delta_{,}},$$

so erfolgt keine Verdrängung; die beiden Formen dulden sich in jedem beliebigen Verhältniss der Individuenzahlen.

Es sei $\delta = 15$ und $\delta_{,} = 8$, so wird A vollständig verdrängt, wenn $e_{,} > \frac{15\,e}{8}$; B wird vollständig verdrängt, wenn $e_{,} < \frac{15\,e}{8}$ und die Verdrängung bleibt ganz aus, wenn $e_{,} = \frac{15\,e}{8}$. Es sei

z. B. $e_{,} = 3e$, also $e_{,} > \frac{15e}{8}$, so verliert die Form A, wenn sie mit 900 Individuen vertreten ist, 6 und gewinnt durch den Ersatz bloss 4,31, während die Form B 11,25 verliert und dafür 12,94 gewinnt. Sind beide Formen in der Zahl von 500 vorhanden, so ist der Verlust von A = 16,67 und sein Ersatz 11,97, dagegen der Verlust von B = 31,25 und sein Ersatz = 35,92. Ist $z = 100$ und $z_{,} = 900$, so verliert A 6 und gewinnt 4,31, indess B 11,25 einbüsst und dafür einen Zuwachs von 12,94 erhält.

Damit (wenn $\delta = 15$ und $\delta_{,} = 8$) keine Verdrängung erfolge, muss $e_{,} = \frac{15e}{8}$ sein. Ist nun $z = 900$ und $z_{,} = 100$, so wird der Verlust von A = 6 und der Ersatz ebenfalls = 6, der Verlust von B = 11,25 und der Ersatz ebenfalls = 11,25. Ist $z = 500$ und $z_{,} = 500$, so wird der Verlust und Ersatz von A = 16,67 und derjenige von B = 31,25. Ist $z = 100$ und $z_{,} = 900$, so wird der Verlust und Ersatz von A = 6 und derjenige von B = 11,25.

Es kann **die mittlere Lebensdauer jeder Form** endlich auch **bedingt werden durch die Individuenzahlen der beiden Formen zugleich**, sei es, dass dieselben beide in gleichem Sinne aber in ungleichem Maasse, sei es, dass sie in entgegengesetztem Sinne, die eine erhöhend, die andere erniedrigend einwirken. Man hat nun die allgemeine Gleichung

$$\text{IV} \qquad \frac{z}{f\left(\delta, \frac{z}{Z}, \frac{z_1}{Z}\right)} + \frac{z_1}{\varphi\left(\delta_1, \frac{z}{Z}, \frac{z_1}{Z}\right)} = e + e_1$$

Von den zahllosen speciellen Fällen mögen hier nur wenige Beispiele folgen.

$$23) \qquad \frac{z}{\delta\left(1 + \frac{mz}{Z} + \frac{m_{,}z_{,}}{Z}\right)} + \frac{z_{,}}{\delta_{,}\left(1 + \frac{m_2 z}{Z} + \frac{m_3 z_{,}}{Z}\right)} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $m = 3$, $m_{,} = 1$, $m_2 = \frac{1}{3}$, $m_3 = \frac{1}{6}$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10e$, so wird im stationären Zustande $d = 38,5$, $d_{,} = 9,7$, $z = 284$ (statt 158), $z_{,} = 716$ (statt 842), $e = 7,37$ (statt 10,5) und $e_{,} = 73,7$ (statt 105).

25) $$\frac{z}{\delta \sqrt{\frac{z_{,}}{z}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,} \sqrt{\frac{z}{z_{,}}}} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,e$, so wird im Beharrungszustande $d = 22{,}8$, $d_{,} = 5{,}3$, $z = 302$ (statt 158), $z_{,} = 698$ (statt 842) , $e = 13{,}26$ (statt 10,5) und $e_{,} = 132{,}6$ (statt 105).

26) $$\frac{z}{\delta \sqrt{\frac{z}{z_{,}}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,} \sqrt{\frac{z}{z_{,}}}} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,e$, so wird im stationären Zustande $d = 6{,}49$, $d_{,} = 3{,}46$, $z = 157{,}9$ (= 158), $z_{,} = 842{,}1$ (= 842) , $e = 24{,}31$ (statt 10,5) , $e_{,} = 243{,}1$ (statt 105). Die Individuenzahlen sind die nämlichen wie für die Gleichung I, aber Lebensdauer und Ersatz sind verschieden.

27) $$\frac{z}{\delta \sqrt{\frac{z_{,}}{z}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,} \sqrt{\frac{z_{,}}{z}}} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,e$, so wird im Gleichgewichtsstadium $d = 34{,}6$, $d_{,} = 18{,}5$, $z = 157{,}9$ (= 158) , $z_{,} = 842{,}1$ (= 842) , $e = 4{,}56$ (statt 10,5) , $e_{,} = 45{,}6$ (statt 105). Die Individuenzahlen sind die nämlichen wie für die Gleichungen 26) und I.

28) $$\frac{z}{\delta \frac{z_{,}}{Z} \sqrt{\frac{Z}{z}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,} \frac{z}{Z} \sqrt{\frac{Z}{z_{,}}}} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,e$, so wird im Beharrungszustande $d = 17{,}05$, $d_{,} = 3{,}33$, $z = 338{,}6$ (statt 158) , $z_{,} = 661{,}4$ (statt 842) , $e = 19{,}86$ (statt 10,5) , $e_{,} = 198{,}6$ (statt 105).

29) $$\frac{z}{\delta \frac{z}{z_{,}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,} \frac{z_{,}}{z}} = e + e_{,}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,e$, so wird im stationären Zustande $d = 80{,}0$, $d_{,} = 1{,}05$, $z = 842{,}1$ (statt 158) , $z_{,} = 157{,}9$ (statt 842) , $e = 10{,}5$ (= 10,5) und $e_{,} = 105$ (= 105).

Die allgemeine Gleichung IV gestattet, wie die Gleichungen II und III, in der Regel blos eine theilweise Verdrängung. Doch kann auch hier ausnahmsweise unter

bestimmten Voraussetzungen sowohl partielle als totale Verdrängung eintreten und zwar in einer ganzen Reihe von Grenzfällen.

Jene Voraussetzungen sind nämlich, wie bei II und III, einmal, dass die Gleichung IV die Form annehme

$$\frac{1}{\delta}\,\frac{z}{f\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right)} + \frac{1}{\delta_{,}}\,\frac{z_{,}}{\varphi\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right)} = e + e_{,}$$

und ferner, dass die mit $\frac{1}{\delta}$ und $\frac{1}{\delta_{,}}$ verbundenen Faktoren $\frac{z}{f\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right)}$ und $\frac{z_{,}}{\varphi\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right)}$ einander gleich werden. Es kann nun jede Function von z und $z_{,}$ in die Form dieser Factoren zerlegt werden, und daher giebt es zahllose besondere Fälle für die totale Verdrängung; aber jeder einzelne derselben ist nur der Grenzfall einer unendlichen Reihe, indem jedesmal die mit $\frac{1}{\delta}$ und $\frac{1}{\delta_{,}}$ vereinigten Factoren in unendlich vielen Fällen ungleich und nur in Einem Falle gleich sind.

Beispiele für solche Gleichungen, welche die totale Verdrängung bedingen, sind folgende

30) $$\frac{z}{\delta\sqrt{\frac{z}{z_{,}}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,}\sqrt{\frac{z_{,}}{z}}} = e + e_{,} \text{ oder}$$

$$\frac{\sqrt{zz_{,}}}{\delta} + \frac{\sqrt{zz_{,}}}{\delta_{,}} = e + e_{,}$$

31) $$\frac{z}{\delta\sqrt{\frac{zz_{,}}{Z^2}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,}\sqrt{\frac{z_{,}^3}{zZ^2}}} = e + e_{,} \text{ oder}$$

$$\frac{Z}{\delta}\sqrt{\frac{z}{z_{,}}} + \frac{Z}{\delta_{,}}\sqrt{\frac{z}{z_{,}}} = e + e_{,}$$

32) $$\frac{z}{\delta\sqrt{\frac{Z^2}{zz_{,}}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,}\sqrt{\frac{z_{,}Z^2}{z^3}}} = e + e_{,} \text{ oder}$$

$$\frac{\sqrt{z^3z_{,}}}{\delta Z} + \frac{\sqrt{z^3z_{,}}}{\delta_{,}Z} = e + e_{,}$$

$$33)\quad \frac{z}{\delta \dfrac{z}{1 + \dfrac{mzz_{,}}{Z^2}}} + \frac{z_{,}}{\delta_{,} \dfrac{z_{,}}{1 + \dfrac{mzz_{,}}{Z^2}}} = e + e_{,} \text{ oder}$$

$$\frac{1}{\delta}\left(1 + \frac{mzz_{,}}{Z^2}\right) + \frac{1}{\delta_{,}}\left(1 + \frac{mzz_{,}}{Z^2}\right) = e + e_{,}$$

Für jede dieser Gleichungen können die bei der Gleichung 22) besprochenen verschiedenen möglichen Fälle eintreten. Es findet immer vollständige Verdrängung von A statt, wenn $e_{,} > \frac{\delta e}{\delta_{,}}$, — vollständige Verdrängung von B, wenn $e_{,} < \frac{\delta e}{\delta_{,}}$, — und Beharren der beiden Formen in ihrem einmal bestehenden numerischen Verhältniss, wenn $e_{,} = \frac{\delta e}{\delta_{,}}$.

Es sei in der Gleichung 30) $\delta = 15$ und $\delta_{,} = 8$, so bleibt die Verdrängung aus, wenn $e_{,} = \frac{15\,e}{8}$. Ist A mit 900 Individuen vertreten und B mit 100, so beträgt der Verlust und der Ersatz für A 20, derjenige für B 37,5. Ist $z = z_{,} = 500$, so wird der Verlust und der Ersatz für A = 33,3 und derjenige für B = 62,5. — Es erfolgt dagegen Verdrängung von A, wenn $e_{,} > \frac{15\,e}{8}$. Ist z. B. $e_{,} = 3\,e$, so verliert die mit 900 Individuen vertretene Form A 20 und gewinnt nur 14,4, während die mit 100 Individuen vertretene Form B 37,5 verliert und 43,1 gewinnt; — die 500 Individuen zählende Form A verliert 33,3 und gewinnt 23,9, indess die 500 Individuen zählende Form B 62,5 einbüsst und 71,9 als Ersatz erhält.

Wie die Lebensdauer kann auch **der jährliche Ersatz durch die Zahl der Individuen modificirt werden.** Zunächst kann diess durch die Individuenzahl der **eigenen Form** geschehen. Die Menge der Pflanzen wird dann einem zahlreicheren Nachwuchs förderlich sein, wenn verhältnissmässig nur wenige keimfähige Samen erzeugt werden, oder wenn die alten Pflanzen irgend einen schädlichen Einfluss von den Keimpflänzchen abwenden. Andererseits kann die grössere Individuenzahl nachtheilig auf den jungen Aufwuchs einwirken, wenn sie demselben z. B.

gewisse spärlich vorhandene Nährstoffe entzieht. Unter diesen Voraussetzungen besteht die allgemeine Gleichung.

$$\text{V} \qquad \frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1} = f\left(\varepsilon, \frac{z}{Z}\right) + \varphi\left(\varepsilon_1, \frac{z_1}{Z}\right)$$

Der Ersatz ist in den Gleichungen I bis IV durch e und e_1 ausgedrückt, welche Grössen in einem bestimmten Verhältniss zu einander stehen und durch alle inneren und äusseren constanten Momente bedingt werden, die auf den Nachwuchs Einfluss haben. In der Gleichnng V haben ε und ε_1 die gleiche Bedeutung, und sie werden zu e und e_1 sowie die Functionen unabhängig von z und z_1 werden.

$$34) \qquad \frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon\left(1 + \frac{mz}{Z}\right) + \varepsilon_,\left(1 + \frac{m_,z_,}{Z}\right)$$

a) Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $m = 3$, $m_, = \frac{1}{2}$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\varepsilon$, so wird im stationären Zustande $z = 165$ (statt 158), $z_, = 835$ (statt 842), e (Ersatz von A) $= 11$ (statt 10,5) und $e_,$ (Ersatz von B) $= 104$ (statt 105).

b) Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $m = \frac{4}{3}$, $m_, = 5$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 8\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 55{,}4$ (statt 189,9), $z_, = 944{,}6$ (statt 810,1), $e = 3{,}7$ (statt 12,7) und $e_, = 118{,}1$ (statt 101).

$$35) \qquad \frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon\left(1 - \frac{mz}{Z}\right) + \varepsilon_,\left(1 - \frac{m_,z_,}{Z}\right)$$

a) Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $m = 1$, $m_, = \frac{1}{4}$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 165$ (statt 158), $z_, = 835$ (statt 842), $e = 11$ (statt 10,5), $e_, = 104$ (statt 105). Die Werthe von z, $z_,$, e und $e_,$ sind genau die gleichen wie in Gleichung 34 a.

b) Wenn $d = 72$, $d_, = 36$, $m = \frac{5}{6}$, $m_, = \frac{5}{9}$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 8\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 252$ (statt 200), $z_, = 748$ (statt 800), $e = 3{,}5$ (statt 2,78) und $e_, = 20{,}8$ (statt 22,22).

$$36) \qquad \frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \frac{\varepsilon}{1 + \frac{mz}{Z}} + \frac{\varepsilon_,}{1 + \frac{m_,z_,}{Z}}$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $m = 3$, $m_{,} = \frac{1}{2}$, $Z = 1000$, $\varepsilon_{,} = 10\,\varepsilon$, so wird im Gleichgewichtszustande $z = 154$ (statt 158), $z_{,} = 846$ (statt 842), $e = 10,3$ (statt 10,5) und $e_{,} = 105,5$ (statt 105).

37)
$$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \frac{\varepsilon}{1 - \frac{mz}{Z}} + \frac{\varepsilon_{,}}{1 - \frac{m_{,}z_{,}}{Z}}$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $m = 1$, $m_{,} = \frac{1}{4}$, Z 1000 und $\varepsilon_{,} = 10\,\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 148,5$ (statt 158), $z_{,} = 851,5$ (statt 842), $e = 9,9$ (statt 10,5) und $e_{,} = 106,4$ (statt 105).

38)
$$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\sqrt{\frac{z}{Z}} + \varepsilon_{,}\sqrt{\frac{z_{,}}{Z}}$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 10\,\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 33,96$ (statt 158), $z_{,} = 966,04$ (statt 842), $e = 2,26$ (statt 10,5) und $e_{,} = 120,76$ (statt 105).

39)
$$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\sqrt{\frac{Z}{z}} + \varepsilon_{,}\sqrt{\frac{Z}{z_{,}}}$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 10\,\varepsilon$, so wird im Gleichgewichtszustande $z = 246,7$ (statt 158), $z_{,} = 753,3$ (statt 842), $e = 16,45$ (statt 10,5) und $e_{,} = 94,16$ (statt 105).

40)
$$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\,\frac{Z}{z} + \varepsilon_{,}\,\frac{Z}{z_{,}}$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 10\,\varepsilon$, so wird im stationären Zustande $z = 302$ (statt 158), $z_{,} = 698$ (statt 842), $e = 20,1$ (statt 10,5) und $e_{,} = 87,25$ (statt 105).

41)
$$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\left(1 - \frac{mz}{Z}\right) + \varepsilon_{,}\left(1 + \frac{m_{,}z_{,}}{Z}\right)$$

Wenn $d = 12$, $d_{,} = 3$, $m = \frac{9}{10}$, $m_{,} = 9$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = \frac{2\,\varepsilon}{5}$, so wird im Beharrungszustande $z = 500$ (statt 909), $z_{,} = 500$ (statt 91), $e = 41,67$ (statt 75,76) und $e_{,} = 166,67$ (statt 30,3).

42)
$$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\sqrt{\frac{Z}{z}} + \varepsilon_{,}\sqrt{\frac{z_{,}}{Z}}$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 10\,\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 292$ (statt 158), $z_{,} = 708$ (statt 842), $e = 19,5$ (statt 10,5) und $e_{,} = 88,5$ (statt 105).

43) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\left(1 - \frac{mz}{Z}\right) + e_{,}$$

Wenn $d = 72$, $d_{,} = 36$, $m = \frac{5}{6}$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 8\,\varepsilon$, so wird im Gleichgewichtszustande $z = 165$ (statt 200), $z_{,} = 825$ (statt 800), e (Ersatz für A) = 2,43 (statt 2,78) und $e_{,} = 22{,}92$ (statt 22,22).

44) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\sqrt{\frac{Z}{z}} + e_{,}$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $e_{,} = 10\,\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 266{,}5$ (statt 158), $z_{,} = 733{,}5$ (statt 842), e (Ersatz für A) = 17,8 (statt 10,5) und $e_{,} = 91{,}7$ (statt 105).

In allen speciellen Gestalten, welche die allgemeine Gleichung V annehmen kann, ist die Verdrängung mit einer einzigen Ausnahme jedesmal nur eine partielle. Es giebt für jeden Fall einen Beharrungszustand, in welchem die Individuenzahlen einen constanten mittleren Werth behalten. Sind die beiden Formen einmal in einem anderen numerischen Verhältniss vorhanden, so verändern sie dieses fortwährend, bis jener stationäre Zustand wieder hergestellt ist. — Der Ausnahmsfall, welcher die totale Verdrängung bedingt, ist dann gegeben, wenn der Ersatz jeder der beiden Formen proportional mit der Individuenzahl sich verändert, wenn also die Ersatzausdrücke $\varepsilon\,\frac{z}{Z}$ und $\varepsilon_1\,\frac{z_1}{Z}$ werden.

Damit der genannte Grenzfall eintrete, müssen die Grössen z und $z_{,}$ aus dem Verhältniss, das zwischen dem Verlust und dem Ersatz besteht, verschwinden. Diess ist nur dann der Fall, wenn die Gleichung die Gestalt annimmt

45) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\,\frac{z}{Z} + \varepsilon_{,}\,\frac{z_{,}}{Z}$$

Diese Gleichung verhält sich analog wie 13). Sie gestattet folgende 3 Fälle:

1) Der Verlust der Form A ist grösser als der Ersatz, womit nothwendig verbunden ist, dass der Verlust von B kleiner ist, als der Ersatz; also

$$\frac{z}{d} > \varepsilon \frac{z}{Z} \text{ und } \frac{z_{,}}{d_{,}} < \varepsilon_{,} \frac{z_{,}}{Z} \text{ somit}$$

$$\frac{1}{d} > \frac{\varepsilon}{Z} \text{ und } \frac{1}{d_{,}} < \frac{\varepsilon_{,}}{Z} \text{ und}$$

$$d\varepsilon < d_{,}\varepsilon_{,} \text{ oder } \varepsilon_{,} > \frac{d\varepsilon}{d_{,}}$$

Unter diesen Umständen geht die Form A, sie mag in irgend einer Individuenzahl vorhanden sein, ihrer totalen Verdrängung entgegen, weil bei jedem Verhältniss von z und $z_{,}$ der Verlust von A immer den Ersatz überwiegt. Wenn z. B. d = 9, $d_{,}$ = 15 und $\varepsilon_{,} = \frac{4\varepsilon}{5}$ (also grösser als $\frac{d\varepsilon}{d_{,}}$ oder $\frac{3\varepsilon}{5}$), so verliert A, welches mit 900 Individuen vertreten ist, 100 und gewinnt 98,0, während B mit 100 Individuen 6,7 verliert und 8,7 gewinnt. — Ist z = $z_{,}$ = 500, so beträgt der Verlust von A 55,55 und der Ersatz 49,38, der Verlust von B 33,33 und der Ersatz 39,50. — Ist z = 100 und $z_{,}$ = 900, so beträgt der Verlust von A 11,11 und der Ersatz 8,67, der Verlust von B 60 und der Ersatz 62,44.

2) Bei der Form A übertrifft der Ersatz den Verlust, während bei B das Umgekehrte stattfindet; also

$$\frac{z}{d} < \varepsilon \frac{z}{Z} \text{ und } \frac{z_{,}}{d_{,}} > \varepsilon_{,} \frac{z_{,}}{Z} \text{ somit}$$

$$\frac{1}{d} < \frac{\varepsilon}{Z} \text{ und } \frac{1}{d_{,}} > \frac{\varepsilon_{,}}{Z} \text{ und}$$

$$d\varepsilon > d_{,}\varepsilon_{,} \text{ oder } \varepsilon_{,} < \frac{d\varepsilon}{d_{,}}$$

Aus diesen Bedingungen folgt die vollständige Verdrängung von B. — Wenn d = 9, $d_{,}$ = 15 und $\varepsilon_{,} = \frac{2\varepsilon}{5}$ (also kleiner als $\frac{d\varepsilon}{d_{,}}$ oder $\frac{3\varepsilon}{5}$), so verliert A mit 900 Individuen 100 und gewinnt 102,2, während B mit 100 Individuen 6,7 verliert und 4,5 gewinnt — Ist z = $z_{,}$ = 500, so beträgt der Verlust von A 55,51 und der Ersatz 63,5, dagegen der Verlust von B 33,3 und der Ersatz 25,4 · — Ist z = 100 und $z_{,}$ = 900, so beträgt der Verlust von A 11,1 und der Ersatz 15,5, der Verlust von B 60 und der Ersatz 55,6.

3) Der Ersatz ist bei jeder Form gleich gross wie ihr Verlust; also

$$\frac{z}{d} = \varepsilon \frac{z}{Z} \text{ und } \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon_{,} \frac{z_{,}}{Z} \text{ somit}$$

$$\frac{1}{d} = \frac{\varepsilon}{Z} \text{ und } \frac{1}{d_{,}} = \frac{\varepsilon_{,}}{Z} \text{ und ferner}$$

$$d\varepsilon = d_{,}\varepsilon_{,} \text{ oder } \varepsilon_{,} = \frac{d\varepsilon}{d_{,}}$$

In diesem Fall findet überhaupt keine Verdrängung statt, indem jede der beiden Formen ihren Verlust vollständig deckt. — Wenn $d = 9$, $d_{,} = 15$ und $\varepsilon_{,} = \frac{3\varepsilon}{5} \left(= \frac{d\varepsilon}{d_{,}}\right)$, so verliert A bei einer Individuenzahl von 900 jährlich 100 und gewinnt ebenfalls 100, während B mit 100 Individuen 6,7 verliert und gewinnt. — Wenn $z = z_{,} = 500$, so beträgt der Verlust und der Ersatz von A 55,5, der Verlust und der Ersatz von B 33,3. — Wenn $z = 100$ und $z_{,} = 900$, so beträgt der Verlust und der Ersatz von A 11,1, der Verlust und der Ersatz von B 60.

Eine andere allgemeine Möglichkeit besteht darin, dass d e r E r s a t z d e r e i n e n F o r m v e r ä n d e r t w i r d d u r c h d i e M e n g e d e r a n d e r e n F o r m, indem diese dem jungen Nachwuchs bald einen günstigen Einfluss entzieht, bald auch einen schädlichen Einfluss von ihm abwendet. Diess wird durch die allgemeine Gleichung ausgedrückt:

$$\text{VI} \qquad \frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1} = f\left(\varepsilon, \frac{z_1}{Z}\right) + \varphi\left(\varepsilon_1, \frac{z}{Z}\right)$$

Dieselbe verhält sich wie die Gleichung V, indem sie im Allgemeinen blos eine partielle Verdrängung bedingt.

$$46) \qquad \frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\left(1 + \frac{m_{,}z_{,}}{Z}\right) + \varepsilon_{,}\left(1 + \frac{mz}{Z}\right)$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $m = 3$, $m_{,} = \frac{1}{8}$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 10\varepsilon$, so ist $z = 130$ (statt 158), $z_{,} = 870$ (statt 842), $e = 8{,}7$ (statt 10,5) und $e_{,} = 108{,}7$ (statt 105).

$$47) \qquad \frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\left(1 - \frac{m_{,}z_{,}}{Z}\right) + \varepsilon_{,}\left(1 - \frac{mz}{Z}\right)$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $m = 3$, $m_{,} = \frac{1}{4}$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 10\varepsilon$, so wird im stationären Zustande $z = 147{,}5$ (statt 158), $z_{,} = 852{,}5$ (statt 842), $e = 9{,}83$ (statt 10,5) und $e_{,} = 106{,}6$ (statt 105).

48) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \frac{\varepsilon}{1 + \frac{m_,z_,}{Z}} + \frac{\varepsilon}{1 + \frac{mz}{Z}}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $m = 1$, $m_, = \frac{1}{4}$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\,\varepsilon$, so wird im Gleichgewichtszustande $z = 151{,}1$ (statt 158) , $z_, = 848{,}9$ (statt 842) , $e = 10{,}08$ (statt 10,5) und $e_, = 106{,}11$ (statt 105).

49) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \frac{\varepsilon}{1 - \frac{m_,z_,}{Z}} + \frac{\varepsilon_,}{1 - \frac{mz}{Z}}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $m = 3$, $m_, = \frac{1}{2}$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\,\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 151{,}5$ (statt 158) , $z_, = 848{,}5$ (statt 842) , $e = 10{,}1$ (statt 10,5) und $e_, = 106{,}6$ (statt 105).

50) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon\sqrt{\frac{z_,}{Z}} + \varepsilon_,\sqrt{\frac{z}{Z}}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\,\varepsilon$, so wird für den Gleichgewichtszustand $z = 246{,}7$ (statt 158) , $z_, = 753{,}3$ (statt 842) , $e = 16{,}45$ (statt 10,5) und $e_, = 94{,}16$ (statt 105).

51) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon\sqrt{\frac{Z}{z_,}} + \varepsilon_,\sqrt{\frac{Z}{z}}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\,\varepsilon$, so wird im Gleichgewichtszustande $z = 33{,}96$ (statt 158) , $z_, = 966{,}04$ (statt 842) , $e = 2{,}26$ (statt 10,5) und $e_, = 120{,}75$ (statt 105).

52) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon\frac{z_,}{Z} + \varepsilon_,\frac{z}{Z}$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\,\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 302$ (statt 158) , $z_, = 698$ (statt 842) , $e = 20{,}1$ (statt 10,5) und $e_, = 87{,}25$ (statt 105).

Die angeführten Beispiele enthalten, mit Ausnahme von 51 , nur solche Fälle, wo die Individuenzahl bei beiden Formen in analoger Weise und in gleichem Sinne modificirend einwirkt. Andere Beispiele, wo die Modification in verschiedener Weise oder in entgegengesetztem Sinne erfolgt, zeigen das nämliche Ergebniss, nämlich eine theilweise Verdrängung.

Auch für die allgemeine Gleichung VI giebt es einen einzigen speciellen Fall, in welchem totale Verdränguug der einen oder andern Form eintritt. Er ist dann gegeben,

wenn der Ersatz jeder der beiden Formen umgekehrt proportional der Individuenzahl der andern Form sich verändert, wenn also die Ausdrücke für den Nachwuchs

$\varepsilon \frac{Z}{z}$ und $\varepsilon_1 \frac{Z}{z}$ werden.

Die Bedingungen für diesen Grenzfall sind auch hier, dass die Grössen z und $z_,$ aus dem Verhältniss, welches zwischen dem Verlust und dem Ersatz der beiden Formen besteht, verschwinden. Zu diesem Behufe muss die Gleichung die Gestalt annehmen

53) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon \frac{Z}{z_,} + \varepsilon_, \frac{Z}{z}$$

Wenn $\frac{z}{d} > \varepsilon \frac{Z}{z_,}$ und $\frac{z_,}{d_,} < \varepsilon_, \frac{Z}{z}$ somit

$zz_, > d\varepsilon Z$ und $zz_, < d_,\varepsilon_,Z$ daher

$d\varepsilon < d_,\varepsilon_,$ und $\varepsilon_, > \frac{d\varepsilon}{d_,}$,

so wird unter allen Umständen die Form A vollständig verdrängt. Wenn $d = 9$, $d_, = 15$ und $\varepsilon_, = \frac{4\varepsilon}{5}$ (also grösser als $\frac{d\varepsilon}{d_,}$ oder $\frac{3\varepsilon}{5}$), so verliert z. B. A bei einer Individuenzahl von 900 jährlich 100 und gewinnt dafür 98, während B mit 100 Individuen seinen Verlust von 6,7 durch 8,7 ersetzt.

Wenn $\frac{z}{d} < \varepsilon \frac{Z}{z_,}$ und $\frac{z_,}{d_,} > e_, \frac{Z}{z}$ somit

$zz_, < d\varepsilon Z$ und $zz_, > d_,\varepsilon_,Z$ daher

$d\varepsilon > d_,\varepsilon_,$ und $\varepsilon_, < \frac{d\varepsilon}{d_,}$,

so wird die Form B vollständig verdrängt. Es sei wieder $d = 9$, $d_, = 15$, aber $\varepsilon_, = \frac{2\varepsilon}{5}$ (also kleiner als $\frac{d\varepsilon}{d_,}$ oder $\frac{3\varepsilon}{5}$), so verliert z. B. A mit 900 Individuen 100 und gewinnt dafür 102,2, während B mit 100 Individuen auf einen Verlust von 6,7 blos einen Ersatz von 4,5 hat.

Wenn $\frac{z}{d} = e \frac{Z}{z_,}$ und $\frac{z_,}{d_,} = \varepsilon_, \frac{Z}{z}$ somit

$zz_, = d\varepsilon Z$ und $zz_, = d_,\varepsilon_,Z$ daher

$d\varepsilon = d_,\varepsilon_,$ und $\varepsilon_, = \frac{d\varepsilon}{d_,}$,

so bleibt alle Verdrängung aus, indem jede Form in ihrer Individuenzahl beharrt. Es sei $d = 9$, $d_{,} = 15$ und $\varepsilon_{,} = \frac{3\varepsilon}{5}$, so beträgt für die mit 900 Individuen vertretene Form A der Verlust und der Ersatz 100 und für B mit 100 Individuen 6,7.

Endlich kann der jährliche Ersatz jeder Form durch die Mengen der beiden Formen zugleich verändert werden, indem jede derselben günstig oder ungünstig den jungen Aufwuchs beeinflusst. Für diesen Fall besteht folgende allgemeine Gleichung

$$\text{VII} \quad \frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1} = f\left(\varepsilon, \frac{z}{Z}, \frac{z_1}{Z}\right) + \varphi\left(\varepsilon_1, \frac{z}{Z}, \frac{z_1}{Z}\right).$$

54) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\left(1 + \frac{mz}{Z} + \frac{m_{,}z_{,}}{Z}\right) + \varepsilon_{,}\left(1 + \frac{m_2 z}{Z} + \frac{m_3 z_{,}}{Z}\right)$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$. $m = 3$, $m_{,} = 1$, $m_2 = \frac{1}{3}$, $m'_3 = \frac{1}{6}$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 10\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 284$ (statt 158), $z_{,} = 716$ (statt 842), $e = 18{,}93$ (statt 10,5) und $e_{,} = 89{,}5$ (statt 105).

55) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\sqrt{\frac{z_{,}}{z}} + \varepsilon_{,}\sqrt{\frac{z}{z_{,}}}$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 10\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 302$ (statt 158) $z_{,} = 698$ (statt 842), $e = 20{,}1$ (statt 10,5) und $e_{,} = 87{,}2$ (statt 105).

56) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\frac{z_{,}}{Z}\sqrt{\frac{Z}{z}} + \varepsilon_{,}\frac{z}{Z}\sqrt{\frac{Z}{z_{,}}}$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 10\varepsilon$, so wird im Gleichgewichtszustande $z = 338{,}6$ (statt 158), $z_{,} = 661{,}4$ (statt 842), $e = 22{,}6$ (statt 10,5) und $e_{,} = 82{,}7$ (statt 105).

57) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\frac{z}{z_{,}} + \varepsilon_{,}\frac{z_{,}}{z}$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 10\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 842{,}1$ (statt 158), $z_{,} = 157{,}9$ (statt 842,) $e = 56{,}14$ (statt 10,5) und $e_{,} = 19{,}74$ (statt 105).

Die allgemeine Gleichung VII führt, wie V und VI, im Allgemeinen nur eine partielle Verdrängung herbei. Ausnahmsweise erfolgt totale Verdrängung, und zwar nicht wie bei V und VI nur in einem einzigen, sondern wie bei IV in einer ganzen Reihe von Grenzfällen.

Diese Grenzfälle können nur dann eintreten, wenn die allgemeine Gleichung die Form zeigt

58) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\, f\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right) + \varepsilon_{,}\, \varphi\left(\frac{z}{Z} + \frac{z_{,}}{Z}\right)$$

und wenn die mit ε und $\varepsilon_{,}$ verbundenen Functionen sich so gestalten, dass das Verhältniss zwischen dem Ersatz und dem Verlust der beiden Formen unabhängig von z und $z_{,}$ wird. Dieses Verhältniss ist (wie bei V und VI)

$$\frac{z}{d} \gtreqless \varepsilon\, f\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right) \text{ und } \frac{z_{,}}{d_{,}} \lesseqgtr \varepsilon_{,}\, \varphi\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right) \text{ somit}$$

$$\frac{z}{f\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right)} \gtreqless d\,\varepsilon \text{ und } \frac{z_{,}}{\varphi\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right)} \lesseqgtr d_{,}\,\varepsilon_{,}.$$

Hierin muss nun $\frac{z}{f\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right)} = \frac{z_{,}}{\varphi\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right)}$ sein, also die nämliche Function $\psi\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right)$ darstellen. Somit wird

$$\psi\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right) \gtreqless d\,\varepsilon \text{ und } \psi\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_{,}}{Z}\right) \lesseqgtr d_{,}\,\varepsilon_{,} \text{ und daher}$$

$$d\,\varepsilon \lesseqgtr d_{,}\,\varepsilon_{,} \text{ und } \varepsilon_{,} \gtreqless \frac{d\,\varepsilon}{d_{,}}.$$

Es erfolgt nun totale Verdrängung der Form A, wenn $\varepsilon_{,} > \frac{d\,\varepsilon}{d_{,}}$, totale Verdrängung von B wenn $\varepsilon_{,} < \frac{d\,\varepsilon}{d_{,}}$ und überhaupt keine Verdrängung, wenn $\varepsilon_{,} = \frac{d\,\varepsilon}{d_{,}}$. Es sind hier ebenso viele specielle Fälle möglich wie bei der allgemeinen Gleichung IV (pag. 146). Beispiele dafür sind

59) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon \sqrt{\frac{z}{z_{,}}} + \varepsilon_{,} \sqrt{\frac{z_{,}}{z}}$$

60) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \frac{\varepsilon}{Z} \sqrt{z\, z_{,}} + \frac{\varepsilon_{,}}{Z} \sqrt{\frac{z_{,}^3}{z}}$$

61) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \frac{\varepsilon Z}{\sqrt{z\, z_{,}}} + \varepsilon_{,}\, Z \sqrt{\frac{z_{,}}{z^3}}$$

62) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \frac{\varepsilon z}{1 + \frac{m z z_,}{Z^2}} + \frac{\varepsilon_, z_,}{1 + \frac{m z z_,}{Z^2}}$$

Es sei in der letzten Gleichung $d = 15$, $d_, = 8$, $m = 100$ und $\varepsilon_, = 4\varepsilon$, also grösser als $\frac{d\,\varepsilon}{d_,}$ oder $\frac{15\,\varepsilon}{8}$, so hat A bei einer Individuenzahl von 900 einen Verlust von 60 und einen Ersatz von 50,2 und B mit 100 Individuen einen Verlust von 12,5 und einen Ersatz von 22,3. — Ist dagegen unter übrigens gleichen Annahmen $\varepsilon_, = \frac{\varepsilon}{2}$ also kleiner als $\frac{d\,\varepsilon}{d_,}$ oder $\frac{15\,\varepsilon}{8}$, so verliert A mit 900 Individuen 60 und gewinnt 69,0, indess B bei einem Verlust von 12,5 einen Ersatz von 3,5 hat. — Ist endlich $\varepsilon_, = \frac{d\,\varepsilon}{d_,} = \frac{15\,\varepsilon}{8}$, so beträgt der Ersatz und der Verlust für A mit 900 Individuen 60 und für B mit 100 Individuen 12,5.

Der jährliche Ersatz kann, statt durch die Zahl, auch durch die Lebensdauer der Individuen modifizirt werden. Diess muss dann der Fall sein, wenn junge und alte Individuen sich mit Rücksicht auf die Fortpflanzung anders verhalten; denn in einer Form mit geringer Lebensdauer befinden sich verhältnissmässig mehr junge, in einer solchen mit grösserer Lebensdauer mehr alte Pflanzen. Es ist aber denkbar, dass bald die kräftige Jugend, bald das reifere Alter günstig auf die Lebenskräftigkeit der Samen und das Gedeihen des Nachwuchses einwirkt. Für diese Beziehungen gilt die allgemeine Gleichung

VIII $$\frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1} = f\left(\varepsilon, d\right) + \varphi\left(\varepsilon_1, d_1\right)$$

63) $$\frac{z}{d} + \frac{z_,}{d_,} = \varepsilon\left(1 + m\,d\right) + \varepsilon_,\left(1 + m_, d_,\right)$$

Wenn $d = 15$, $d_, = 8$, $m = \frac{1}{5}$, $m_, = \frac{1}{16}$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_, = 10\,\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 333{,}3$ (statt 158), $z_, = 666{,}7$ (statt 842), $e = 22{,}22$ (statt 10,5) und $e_, = 83{,}33$ (statt 105).

64) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\left(1 - m\,d\right) + \frac{\varepsilon_{,}}{1 + m_{,}\,d_{,}}$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $m = \frac{1}{30}$, $m_{,} = \frac{1}{2}$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 10\,\varepsilon$, so wird im stationären Zustande $z = 319{,}1$ (statt 158), $z_{,} = 680{,}9$ (statt 842), $e = 21{,}3$ (statt 10,5) und $e_{,} = 85{,}1$ (statt 105).

65) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\sqrt{m + d} + \varepsilon_{,}\sqrt{d_{,} - m_{,}}$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $m = 10$, $m_{,} = 4$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 10\,\varepsilon$, so wird im stationären Zustande $z = 319{,}1$ (statt 158), $z_{,} = 680{,}9$ (statt 842), $e = 21{,}3$ (statt 10,5) und $e_{,} = 85{,}1$ (statt 105).

66) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\sqrt{d} + \varepsilon_{,}\sqrt{d_{,}}$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 10\,\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 204{,}3$ (statt 158), $z_{,} = 795{,}7$ (statt 842), $e = 13{,}6$ (statt 10,5), $e_{,} = 99{,}5$ (statt 105).

67) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \frac{\varepsilon}{\sqrt{d}} + \frac{\varepsilon_{,}}{\sqrt{d_{,}}}$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 10\,\varepsilon$, so wird im stationären Zustande $z = 120{,}4$ (statt 158), $z_{,} = 879{,}6$ (statt 842), $e = 8{,}03$ (statt 10,5) und $e_{,} = 109{,}9$ (statt 105).

68) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \varepsilon\,d + \varepsilon_{,}\,d_{,}$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon = 10\,\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 260{,}1$ (statt 158), $z_{,} = 739{,}9$ (statt 842), $e = 17{,}3$ (statt 10,5) und $e_{,} = 92{,}5$ (statt 105).

69) $$\frac{z}{d} + \frac{z_{,}}{d_{,}} = \frac{\varepsilon}{d} + \frac{\varepsilon_{,}}{d_{,}}$$

Wenn $d = 15$, $d_{,} = 8$, $Z = 1000$ und $\varepsilon_{,} = 10\,\varepsilon$, so wird im Beharrungszustande $z = 90{,}9$ (statt 158), $z_{,} = 909{,}1$ (statt 842), $e = 6{,}06$ (statt 10,5) und $e_{,} = 113{,}6$ (statt 105).

Die allgemeine Gleichung VIII gestattet in allen Fällen bloss eine partielle Verdrängung. Es giebt keinen Grenzfall, in welchem totale Verdrängung eintreten kann.[11])

---

11) Der mathematische Grund hievon liegt darin, weil die Grössen z und $z_{,}$ nie aus dem Verhältniss zwischen Verlust und Ersatz der beiden Formen verschwinden, wie diess bei den allge-

Es wäre endlich möglich, wenn auch sehr unwahrscheinlich, dass der Ersatz durch die Lebensdauer der Individuen der andern Form beeinflusst würde, oder dass dieser Einfluss noch zu der Einwirkung hinzukäme, welche die Lebensdauer der eigenen Form verursacht. Diesen Voraussetzungen entsprechen die allgemeinen Gleichungen

$$\text{IX} \qquad \frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1} = f(\varepsilon, d_1) + \varphi(\varepsilon_1, d)$$

$$\text{X} \qquad \frac{z}{d} + \frac{z_1}{d_1} = f(\varepsilon, d, d_1) + \varphi(\varepsilon, d, d_1)$$

Auch diese beiden Gleichungen bedingen ohne Ausnahme nur die theilweise Verdrängung. Es ist überflüssig spezielle Beispiele dafür anzuführen.

Ich habe bisher verschiedene Annahmen gemacht, einmal, dass die mittlere Lebensdauer und der mittlere jährliche Ersatz blos von der innern Natur der beiden concurrirenden Formen und von der sie umgebenden Aussenwelt, also von constant gedachten Factoren abhänge (Gleichung I), ferner, dass die Lebensdauer ausserdem noch durch die (bis zum Eintritt des Beharrungszustandes variirende) Individuenzahl (Gleichungen II, III, IV) beeinflusst werde, dann dass der jährliche Ersatz durch die Individuenzahl eine Modification erfahre (Gleichungen V, VI, VII), endlich dass derselbe von der Lebensdauer abhängig sei (Gleichungen VIII, IX, X).

Es können nun aber auch zwei dieser Modificationen oder alle drei gleichzeitig wirksam werden. Es wäre jedoch vollkommen überflüssig, diese complicirteren Fälle noch be-

meinen Gleichungen II—VII geschah, wo jenes Verhältniss in den Grenzfällen nur durch Constanten bestimmt wurde. In dieser Beziehung stimmt die Gleichung VIII und ebenso IX und X mit der Gleichung I überein.

sonders zu behandeln, weil sie das nämliche Resultat ergeben wie die einfacheren. Ich will blos noch den allgemeinsten Fall, wo alle Factoren modificirend auf Lebensdauer und Ersatz einwirken können, kurz berühren; er wird durch die Gleichung ausgedrückt:

$$\text{XI} \quad \frac{z}{f\left(\delta, \frac{z}{Z}, \frac{z_1}{Z}\right)} + \frac{z_1}{f_1\left(\delta_1, \frac{z}{Z}, \frac{z_1}{Z}\right)}$$
$$= \varphi\left(\varepsilon, \frac{z}{Z}, \frac{z_1}{Z}, \delta, \delta_1\right) + \varphi_1\left(\varepsilon_1, \frac{z}{Z}, \frac{z_1}{Z}, \delta, \delta_1\right)$$

Diese Gleichung gibt im Allgemeinen, vorausgesetzt, dass von vornhinein keine unmöglichen Annahmen gemacht wurden, für z und z_1 immer positive und reelle Werthe, und bedingt daher blos partielle Verdrängung zwischen den beiden Formen. Die totale Verdrängung der einen Form findet blos ausnahmsweise statt, nämlich in einer ganzen Reihe von Fällen, von denen aber jeder nur der Grenzfall einer ganzen Reihe ist.

Wie schon bei der Gleichnng VII und früher angegeben wurde, können diese, eine totale Verdrängung herbeiführenden Grenzfälle nur dann eintreten, wenn die allgemeine Gleichung die Form hat

$$70) \quad \frac{z}{\delta f\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_\prime}{Z}\right)} + \frac{z_\prime}{\delta_\prime f_\prime\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_\prime}{Z}\right)} = \varphi(\varepsilon, \delta, \delta_\prime)\, \psi\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_\prime}{Z}\right) + \varphi_\prime(\varepsilon_\prime, \delta, \delta_\prime)\, \psi_\prime\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_\prime}{Z}\right)$$

Vergleichen wir hierin den Verlust und den Ersatz jeder der beiden Formen mit einander, so haben wir

$$\frac{z}{\delta f\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_\prime}{Z}\right)} \gtreqless \varphi(\varepsilon, \delta, \delta_\prime)\, \psi\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_\prime}{Z}\right) \text{ und}$$

$$\frac{z_\prime}{\delta_\prime f_\prime\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_\prime}{Z}\right)} \lesseqgtr \varphi_\prime(\varepsilon_\prime, \delta, \delta_\prime)\, \psi_\prime\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_\prime}{Z}\right) \text{ somit}$$

$$\frac{z}{f\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_\prime}{Z}\right) \psi\left(\frac{z}{Z}, \frac{z_\prime}{Z}\right)} \gtreqless \delta\, \varphi(\varepsilon, \delta, \delta_\prime) \text{ und}$$

$$\frac{z_,}{f_,\left(\frac{z}{Z},\frac{z_,}{Z}\right)\psi_,\left(\frac{z}{Z},\frac{z_,}{Z}\right)} \lesseqgtr \delta_,\varphi_,(\varepsilon_,, \delta, \delta_,).$$

Es müssen nun, um den Bedingungen des Grenzfalles zu genügen, die beiden letzten Ausdrücke links der Gleichheitszeichen einander gleich werden, woraus dann folgt

$$\delta\varphi(\varepsilon, \delta, \delta_,) \gtreqless \delta_,\varphi_,(\varepsilon_,, \delta, \delta_,).$$

Es tritt jetzt vollständige Verdrängung der Form A ein, wen $\delta\varphi(\varepsilon, \delta, \delta_,) < \delta_,\varphi_,(\varepsilon_,, \delta, \delta_,)$, vollständige Verdrängung der Form B, wenn $\delta\varphi(\varepsilon, \delta, \delta_,) > \delta_,\varphi_,(\varepsilon_,, \delta, \delta_,)$, und es unterbleibt jede Verdrängung, wenn $\delta\varphi(\varepsilon, \delta, \delta_,) = \delta_,\varphi_,(\varepsilon_,, \delta, \delta_,)$.

Für die partielle Verdrängung führe ich nur ein Beispiel an

$$71)\quad \frac{z}{\delta\sqrt{\frac{z_,}{z}}} + \frac{z_,}{\delta_,\sqrt{\frac{z}{z_,}}} = \varepsilon\frac{z_,}{z}\sqrt{\delta\sqrt{\frac{z_,}{z}}} + \varepsilon_,\frac{z}{z_,}\sqrt{\delta_,\sqrt{\frac{z}{z_,}}}$$

Wenn $\delta = 15$, $\delta_, = 8$ und $Z = 1000$, so wird im stationären Zustande $z = 425{,}0$ (statt 158), $z_, = 575{,}0$ (statt 842), d (Lebensdauer von A) $= 17{,}45$ (statt 15), $d_, = 6{,}88$ (statt 8), e (Ersatz für A) $= 24{,}36$ (statt 10,5) und $e_, = 83{,}60$ (statt 105).

Für die totale Verdrängung möge folgendes Beispiel dienen

$$72)\quad \frac{z}{\delta\sqrt{\frac{z}{z_,}}} + \frac{z_,}{\delta_,\frac{z}{Z}\sqrt{\frac{z_,^3}{Z^3}}} = \varepsilon\frac{z}{Z}\sqrt{\frac{Z}{z_,}\frac{\delta}{\delta_,}} + \varepsilon_,\sqrt{\frac{Z^4}{z z_,^3}\frac{\delta_,}{\delta}}$$

$$\frac{z}{\delta\sqrt{\frac{z}{z_,}}} \gtreqless \varepsilon\frac{z}{Z}\sqrt{\frac{Z}{z_,}\frac{\delta}{\delta_,}} \quad\text{und}\quad \frac{z_,}{\delta_,\frac{z}{Z}\sqrt{\frac{z_,^3}{Z^3}}} \lesseqgtr \varepsilon_,\sqrt{\frac{Z^4}{z z_,^3}\frac{\delta_,}{\delta}}$$

Die Ausführung ergiebt

$$\varepsilon\delta\sqrt{\frac{\delta}{\delta_,}} \lesseqgtr \varepsilon_,\delta_,\sqrt{\frac{\delta_,}{\delta}} \quad\text{oder}\quad \varepsilon_, \gtreqless \varepsilon\frac{\delta^2}{\delta_,^2}$$

d. h. es erfolgt die totale Verdrängung von A, wenn $\varepsilon_, > \varepsilon\frac{\delta^2}{\delta_,^2}$, die totale Verdrängung von B, wenn $\varepsilon_, < \varepsilon\frac{\delta^2}{\delta_,^2}$, und es findet nicht die geringste Verdrängung statt, wenn $\varepsilon_, = \varepsilon\frac{\delta^2}{\delta_,^2}$.

Es sei $\delta = 16$ und $\delta_, = 50$, so wird A vollständig verdrängt, venn $\varepsilon_, > \frac{256\varepsilon}{2500}$. Wenn z. B. $\varepsilon_, = \frac{\varepsilon}{2}$, so beträgt der Verlust ür die Form A mit 900 Individuen 18,7 und der Ersatz 4,5, während die Form B mit 100 Individuen 70,3 verliert und 84,5 ge-

winnt; die Lebensdauer von A ist 48, die von B 1,4. — A mit 100 Individuen verliert 18,7 und gewinnt 4,1, indess B mit 900 Individuen einen Verlust von 210,8 und einen Ersatz von 225,4 hat; die Lebensdauer von A wird 5,3, diejenige von B 4,3.

Dagegen wird B vollständig verdrängt, wenn, unter gleichen Annahmen für δ und $\delta_{,}$, $\varepsilon_{,} < \frac{256\,\varepsilon}{2500}$. Wenn z. B. $\varepsilon_{,} = \frac{\varepsilon_{,}}{50}$, so verliert die Form A mit 900 Individuen 18,7 und gewinnt dafür 51,4 indess der Verlust für die Form B mit 100 Individuen 70,3 und der Ersatz 37,6 beträgt; die Lebensdauer von A ist 48 und diejenige von B 1,4. — A mit 100 Individuen hat einen Verlust von 18,7 und einen Ersatz von 72,0, während B mit 900 Individuen 210,8 verliert und 157,5 gewinnt; die Lebensdauer von A ist 5,3 und diejenige von B 4,3.

Ist unter übrigens gleichen Annahmen $\varepsilon_{,} = \frac{256\,\varepsilon}{2500}$, so beharren beide Formen in ihren Individuenmengen. A mit 900 Individuen gewinnt und verliert 18,7, B mit 100 Individuen 70,3. Verlust und Ersatz betragen für A mit 100 Individuen 18,7 und für B mit 900 Individuen 210,8. Im ersten Falle ist die Lebensdauer von A 48 und diejenige von B 1,4, im zweiten Fall 5,3 und resp. 4,3.

Mit den vorstehenden Annahmen sind alle Möglichkeiten, welche für die gegenseitige Verdrängung zweier Pflanzenformen bestehen, erschöpft. Ihre Individuenmengen werden bedingt durch die mittlere Lebensdauer und den jährlichen mittleren Ersatz. Lebensdauer und Ersatz aber sind abhängig in erster Linie von den constant bleibenden inneren und äusseren Verhältnissen. Die dadurch gegebenen Werthe können in zweiter Linie durch die beiden Individuenzahlen, und die Ersatzwerthe, überdem noch durch die Lebensdauer erhöht oder erniedrigt werden. Andere mögliche Annahmen giebt es nicht.

Rücksichtlich der mathematischen Consequenzen kommt es vor Allem aus auf die durch die constanten Verhältnisse (klimatische und Bodeneinflüsse, Thierwelt und Pflanzenwelt, wozu auch die Anwesenheit der concurrirenden Form ge-

hört) bedingten Coeffizienten der Lebensdauer und des jährlichen Ersatzes an, wobei immer vorausgesetzt wird, dass jede der beiden Formen, wenn allein vorhanden, der vollen Gesammtindividuenzahl fähig ist. Wird einer der genannten Coeffizienten für eine Form Null, so versteht es sich, dass dieselbe unter allen Umständen verschwindet. In der grossen Mehrzahl der Fälle wird diese Voraussetzung aber nicht eintreten, sondern es werden die Coeffizienten für die Lebensdauer und den Ersatz positive und reelle Werthe haben. Ist letzteres der Fall, so gibt es unter allen möglichen Verdrängungsgleichungen einige (I, VIII, IX, X), welche bloss eine partielle Verdrängung gestatten, vermöge welcher die beiden Formen sich gegenseitig in einem bestimmten numerischen Verhältniss dulden. Alle übrigen Verdrängungsgleichungen bedingen die partielle Verdrängung zwar nicht absolut aber doch als allgemeine Regel, indem die totale Verdrängung, sofern sie überhaupt stattfinden kann, immer als der einzelne Grenzfall einer Reihe von unendlich vielen Fällen mit partieller Verdrängung erscheint.

Etwas abweichend von der mathematischen Verdrängung muss sich die physische gestalten. Was ich darüber bei Anlass der Gleichung I gesagt habe, gilt ganz allgemein. Eine partielle Verdrängung mit sehr geringer Individuenzahl der einen Form schlägt für diese Form leicht in eine totale um wegen der Schwankungen, welche die natürlichen Verhältnisse der Aussenwelt nothwendig mit sich führen.

Die theoretische Betrachtung zeigt uns also, dass die allgemeine Annahme, die stärkere oder vortheilhafter angepasste Lebeform verdränge vollständig die weniger günstig ausgestattete, ungegründet ist. Wenn wir die Zahl der möglichen Fälle zu einem Schlusse benützen, so verlangt die theoretische Wahrscheinlichkeit, dass gleiche Stärke (mit gleicher Individuenzahl der beiden Formen) unendlich selten, ungleiche Stärke mit partieller Verdrängung und un-

gleicher Individuenzahl als herrschende Regel, und endlich ungleiche Stärke mit totaler Verdrängung der einen Form ziemlich selten vorkomme. Mit dieser Probabilitätsrechnung befindet sich der thatsächliche Bestand im Pflanzenreiche in vollkommenster Uebereinstimmung, besonders das in der Regel gemeinschaftliche Vorkommen der Varietäten der nämlichen Art und der nächst verwandten Arten, wie ich in meiner letzten Mittheilung gezeigt habe.

Ueber die chemische Zusammensetzung der Hefe.

Die bisherigen chemischen Untersuchungen der Bierhefe lassen noch viel zu wünschen übrig, indem sie uns theils ein unvollkommenes, theils auch ein wenig Vertrauen erweckendes Bild der Zusammensetzung geben. Die neueren Angaben, wonach der Cellulosegehalt bloss 17,8 — 19,2 Proz. (nach Pasteur), sogar bloss 12 — 14 Proz. (nach Liebig) der Trockensubstanz und der Fettgehalt 2 Proz. oder wenig mehr ausmachen sollte, steht im Widerspruch mit der mikroskopischen Beobachtung, welche für die Membran etwa den doppelten Betrag der Pasteur'schen Angabe und für das Fett in älteren Zellen mehr als den doppelten Betrag verlangt.

Da alle Fragen, welche die Gärung betreffen, an die physiologischen Funktionen der Gärungszellen anknüpfen und da diese ohne genaue Kenntniss der chemischen Beschaffenheit unmöglich erkannt werden können, so schien eine abermalige Aufnahme der chemischen Untersuchung mit vorzüglicher Berücksichtigung der physiologischen Gesichtspunkte geboten.

Die Schwierigkeit der Hefenanalysen, wenn es sich nicht um die Elemente sondern um die Verbindungen han-

delt, besteht darin, dass die Zellen wegen ihrer Kleinheit auf keine Weise zerrieben, zerrissen oder zum Platzen gebracht und dadurch Inhalt und Membran auf mechanische Weise getrennt werden können. Der einzige Weg, der Aufschluss zu geben vermag, besteht darin, durch verschiedene Mittel lösliche Verbindungen auszuziehen und durch nebenhergehende mikroskopische Untersuchung die Veränderungen an den Zellen festzustellen.

Zunächst wurden zwei bisher nicht angewendete Mittel in Angriff genommen. Da vielfache Beobachtungen gezeigt hatten, dass die Hefenzellen mit dem Altwerden von selbst nahezu ihren ganzen Inhalt verlieren, so wurden dieselben mit einer hinreichenden Menge Wasser mehr als 1 Jahr lang stehen gelassen, wobei das Wasser einen Zusatz von 1 Proz. Phosphorsäure erhielt, um die Spaltpilze und ihre verderbliche Wirkung auszuschliessen. Diese starke Ansäuerung verlangsamte aber auch den Lebensprozess der Zellen sehr stark, so dass schliesslich nicht mehr als 37,4 Proz. der Trockensubstanz in Lösung gegangen waren.

Das andere bisher nicht benutzte Mittel bestand in dem Kochen mit Wasser. Die Hefe wurde 11mal nach einander mit Wasser, im Ganzen während einer Dauer von 20 Tagen, gekocht. Die Zellen gaben bei dieser Behandlung etwa die Hälfte ihrer Trockensubstanz an das Wasser ab.

Diese beiden Untersuchungen wurden von dem Adjunkten des pflanzenphysiologischen Instituts Otto Heinrich begonnen, und nachdem derselbe wegen Krankheit austreten musste, von Dr. Oscar Loew fortgesetzt und zu Ende geführt.

In den von der lebenden Hefe in verdünnter Phosphorsäure ausgeschiedenen sowie in den aus den todten Zellen durch Kochen ausgezogenen Stoffen befand sich ein Kohlenhydrat, welches zu den Pflanzenschleimen gehört und als Sprosspilzschleim bezeichnet werden kann Derselbe macht

sammt der Pilzcellulose etwa 37 Proz. der Trockensubstanz untergäriger Bierhefe aus.

Die nächste und wichtigste Frage ist nun die, wie der Pilzschleim in den Hefenzellen vorkomme. Man möchte wohl vermuthen, dass er dem Inhalte angehöre. Diess ist mir aber durchaus unwahrscheinlich; ich bin vielmehr der Ansicht, dass er aus der Membran stamme, womit ich aber nicht sagen will, dass er als solcher in derselben enthalten sei. Die Zellmembranen wie die Stärkekörner bestehen aus abgestuften physikalischen (d. h. micellaren) Modificationen der nämlichen chemischen Verbindungen; Endglieder dieser Reihen sind Pflanzenschleim, Gummi, Dextrin. Durch Lösungsmittel (kóchendes Wasser, verdünnte Säuren, Fermente etc.) werden zuerst die leichter, bei längerer Einwirkung nach und nach die schwieriger löslichen angegriffen. Nur ein sehr kleiner Theil mag schon als Pilzschleim in der Zellmembran enthalten sein.

Für diese Auffassung spricht schon die ungleiche Menge von Pilzschleim, welche man bei verschiedener Behandlung erhält, womit dann auch die ungleiche Menge der gefundenen Cellulose in Beziehung, und zwar im umgekehrten Verhältnisse zur Menge des Schleimes steht. Pasteur erhielt durchschnittlich nur 18,5 Proz., Liebig noch weniger, Payen dagegen 29,4 Proz. Cellulose. Ich glaube, dass die Zellmembran der Hefenzellen, lange genug mit Wasser gekocht, vollständig in Schleim umgewandelt würde. Bei dem zwanzigtägigen Kochen wurde bis zuletzt Schleim ausgezogen, aber in immer kleineren Mengen.

Der Pilzschleim ist löslich in heissem Wasser, fast unlöslich in kaltem. Wenn man Pflanzenzellen in die noch warme Lösung bringt, so treten keine diosmotischen Erscheinungen ein. Beim Eintrocknen der Lösung beobachtet man das Nämliche wie bei einer reinen Gummi- oder Dextrinlösung; die darin liegenden Algenzellen (Spirogyra etc.)

verhalten sich gerade so, als ob sie an der Luft eintrockneten. Der Pilzschleim geht also diosmotisch nicht durch Zellmembranen hindurch. Durch diesen Umstand wird es ebenfalls einigermassen unwahrscheinlich, dass derselbe im Inhalte sich befinde. Doch darf man daraus nicht etwa geradezu die Unmöglichkeit folgern, dass der Schleim beim Kochen oder in verdünnter Säure die Zellen verlassen könne. Es kommt ja mehrfach vor, dass colloide Stoffe in wässriger neutraler Lösung nicht diosmiren, wohl aber in sauren oder alkalischen Lösungen.

Muss aber der Schleim aus anderen Gründen als ein durch die Lösungsmittel aus der Membran gebildetes Produkt betrachtet werden, so ist der Vorgang leicht verständlich. Das heisse Wasser oder die verdünnte Säure bringt einzelne Partieen der Membran zum Aufquellen, und der so gebildete Schleim wird mechanisch aus der Membran herausgepresst und vertheilt sich als Lösung in der umgebenden Flüssigkeit.

Man könnte bei oberflächlicher Betrachtung der Meinung sein, dass die äusserst dünne Membran der Hefenzellen nicht 37 Proz. der ganzen Trockensubstanz enthalten könne. Die genauere Ueberlegung zeigt indess, dass es nicht wohl anders sein kann. Die frischen Hefenzellen enthalten im Ganzen 83 Wasser und 17 Substanz.[1]) Nur wenige derselben sind ganz mit weichem Plasma erfüllt; bei der Mehrzahl befindet sich in dem Plasma eine mit Wasser gefüllte Vacuole oder auch neben wässriger Zellflüssigkeit ein körniger Plasmainhalt. Aus optischen Gründen, welche sich

---

1) Nach einem eigens hiefür angestellten Versuch von Dr. Walter Nägeli, welcher eine kleine Menge einer ganz reinen Hefe durch 18 Stunden langes Stehenlassen auf dem Filter vollständig von dem anhängenden Wasser befreite und dann von 8,29 gr. feuchter Masse, welche bei 100° getrocknet wurde, 1,41 gr. (somit 17 Proz.) Substanz erhielt.

aus der Vergleichung von jüngern mit Inhalt erfüllten mit alten inhaltslosen Zellen ergeben, sowie aus dem Umstande, dass die Membran der Bierhefezellen chemischen Auflösungsmitteln einen verhältnissmässig starken Widerstand leistet und sich dadurch als ziemlich dicht erweist, möchte ich schliessen, dass die Membran in der Raumeinheit ziemlich mehr Substanz enthalte als der durchschnittliche Inhalt. Es dürften sich die 83 Proz. Wasser der Hefe so auf Inhalt und Membran vertheilen, dass auf jenen 86, auf diese 75 Proz. kommen, so dass die Membran 3-mal, der Inhalt 6-mal soviel Wasser enthält als Substanz. Unter dieser Voraussetzung berechnet sich die Dicke der Membran einer 10 Mik. ($^1/_{100}$ mm.) grossen Bierhefenzelle zu 0,45 Mik. ($^1/_{2200}$ mm.), sodass sie also nur den 22ten Theil des Zellendurchmessers (den 11ten Theil des Radius) ausmacht.

Die untersuchte Bierhefe war ziemlich arm an Stickstoff (7,5 — 8 Proz. der aschenhaltigen Trockensubstanz). Eine sehr stickstoffreiche Oberhefe (mit fast 12 Proz. Stickstoff), die fast ganz aus jungen, mit Plasma erfüllten Zellen besteht, enthält gegen 75 Proz. Albuminate und wenig mehr als 20 Proz. Cellulose und Pilzschleim. Die Membrandicke kann hier unter der obigen Annahme kaum 0,2 Mik. ($^1/_{5000}$ mm.), also kaum den 50ten Theil des Zellendurchmessers betragen.

Nehmen wir aber an, dass Membran und Inhalt gleich wasserhaltig seien, was sicher für die stickstoffärmere und ältere Hefe nicht richtig ist, so würde bei der Hefe mit 7,5 — 8 Proz. Stickstoff auf einen Zellendurchmesser von 10 mm. die Wanddicke 0,8 Mik. ($^1/_{12,5}$ des Durchmessers) bei der Hefe mit fast 12 Proz. Stickstoff kaum 0,4 Mik. ($^1/_{25}$ des Durchmessers) ausmachen.

Es ist nun zwar aus optischen Gründen unmöglich, genau die Dicke einer sehr dünnen Zellmembran zu bestimmen. Vielfache Uebung und Vergleichung von Ob-

jekten, die eine sichere Messung zulassen, mit solchen, wo diess nicht mehr möglich ist, erlauben indess eine annähernde Schätzung. Diese ist bei inhaltslosen Hefenzellen und bei solchen mit körnigem Inhalte möglich, und zeigt uns, dass die Zellmembran unmöglich noch dünner, somit ihr Gehalt an Substanz noch geringer angenommen werden darf, als es bei den vorstehenden Berechnungen geschehen ist.

Nach dieser Auseinandersetzung glaube ich es als im höchsten Grade wahrscheinlich aussprechen zu können, dass der in den Auszügen befindliche Pilzschleim aus der Membran stammt; und dass in dem Inhalte keine Kohlenhydrate in nennenswerther Menge enthalten sind, da eine Glykoseform nur in Spuren vorkommt. [2])

Ueber den Pilzschleim der Sprosshefe bemerke ich noch, dass derselbe aus der heissen Lösung sich in mikroskopischen Kugeln von sehr ungleicher Grösse ausscheidet. Dieselben enthalten sehr viel Wasser, da sie das Licht wenig stärker brechen als das umgebende Wasser. Unter dem Polarisationsmikroskop erweisen sie sich als einfachbrechend, was möglicher Weise nur eine Folge ihres grossen Wassergehaltes ist. Jod färbt die Schleimkugeln braunroth, während die Zellmembran nicht gefärbt wird; es verhält sich damit wie mit der farblosen Stärkemodifikation (Amylocellulose), welche nach dem Auflockern in Amylodextrin ebenfalls auf Jod reagirt. Wenn man zu den Schleimkugeln etwas Säure oder ein saures Salz (Weinstein) bringt, so lösen sie sich wieder. Diess ist auch mit den durch Jod gefärbten Kugeln der Fall. Diese fliessen unter dem Mikroskop zuerst in

---

2) Schützenberger (die Gährungserscheinungen 1876) sagt ohne ersichtliche Motivirung: „Ist dieses Gummi nicht bereits fertig gebildet in der frischen Hefe enthalten, so kann es nur dadurch entstanden sein, dass ein zusammengesetzter Körper aus der Familie der Glykoside zersetzt worden ist, oder dass ein unlösliches Kohlenhydrat, das jedoch nicht Cellulose ist, eine moleculare Umsetzung erfahren hat."

grössere Tropfen zusammen, verändern je nach den Strömungen in der Flüssigkeit ihre Gestalt und verschwinden dann gänzlich.

Die Zellmembran der Essigmutter (Mycoderma) und der übrigen gallert- oder schleimartigen Spaltpilze schwankt rücksichtlich der Weichheit zwischen der Cellulose und dem Pilzschleim der Sprosshefe. Es besteht jedoch zwischen der Membran der Spaltpilze und derjenigen der Sprosspilze nicht bloss eine gradweise sondern eine qualitative Verschiedenheit, indem die Cellulose der Sprosspilze gegen Kupferoxydammoniak eine grössere, gegen Säuren und heisses Wasser eine geringere Widerstandsfähigkeit zeigt als diejenige der Spaltpilze.

Wir müssen also die Sprosspilzcellulose von der Spaltpilzcellulose und demzufolge auch den Sprosspilzschleim von dem Spaltpilzschleim unterscheiden. Den Spaltpilzschleim (Milchsäuregummi, Gärungsgummi) finden wir bei vielen Spaltpilzvegetationen, am schönsten und reichlichsten bei der sogenannten schleimigen Gärung. Er bildet hier aber, wie auch bei allen übrigen Spaltpilzvegetationen, keine Lösung; auch ist er sicher kein Gärungsprodukt, wie man bis jetzt irrthümlich angenommen. Der Schleim, der bei der Mannit- und Milchsäuregärung zuweilen entsteht, ist nichts anderes als die sehr weichen und schleimigen Membranen der Spaltpilze. Er bildet grössere und kleinere Massen, deren Abgrenzung gegen das Wasser man zuweilen ziemlich deutlich sieht, und deren Anwesenheit oft sehr schön daran erkannt wird, dass die aufsteigenden Gasblasen im Wasser (neben den Schleimmassen) sich rasch, sowie sie aber in eine Schleimmasse gerathen, sehr langsam bewegen, manchmal selbst darin stecken bleiben. [3])

---

3) Ob das „Gärungsgummi" (die schleimige Cellulose der Spaltpilze) identisch ist mit dem aus den Runkelrüben erhaltenen Dextran,

Unter den stickstofflosen Verbindungen des Inhalts nimmt das Fett die erste Stelle ein. Die bisherigen Angaben über die Menge desselben waren allgemein zu gering. Die Behandlung der Bierhefe mit concentrirter Salzsäure, welche die Membran zerstört und das Fett in Fettsäuren überführt, ergibt beispielweise 3 mal so viel Fett als Kochen mit Aether. Dass beim Kochen mit Weingeist oder Aether das Fett nur langsam und unvollständig ausgezogen wird, dürfte wohl darin seinen Grund haben, das Membran und Plasma, welche das Fett einschliessen, im wasserfreien Zustande die genannten Flüssigkeiten schwer durchgehen lassen, und weil die einen Fettpartieen besser umhüllt und geschützt sind als die andern. Es ist aber wahrscheinlich, dass eine hinreichend lange Behandlung mit Alkohol und Aether das Fett zuletzt vollständig ausziehen würde.

Wenn der Cellulosegehalt und der Fettgehalt (jener mit 37, dieser mit 5 Proz.) von der Elementaranalyse einer Hefe mit 7,5—8 Proz. Stickstoff abgezogen werden, so bleibt ein Rest, welcher ziemlich gut mit der Zusammensetzung der Albuminate übereinstimmt. Das Plasma der Bierhefenzellen muss also fast gänzlich aus Albuminaten bestehen. Die chemische Untersuchung, soweit sie überhaupt bis jetzt möglich ist, bestätigt diesen Schluss vollkommen.

Die Peptone machen nur etwa 2 Prozente des Inhaltes aus. Bei der Involution der Zellen wird aber bis zum wirklichen Absterben derselben die ganze oder beinahe ganze Menge der Albuminate als Peptone ausgeschieden; ebenso werden die Albuminate durch fortgesetztes Kochen nach und nach in Peptone übergeführt und ausgezogen.

Bemerkenswerth ist, dass das Nämliche auch durch Pepsin und dann in kürzerer Zeit erreicht wird. Frische lebende so wie durch Kochen getödtete Bierhefe in salz-

---

bleibt vorderhand zweifelhaft und ist wohl nur für den Fall wahrscheinlich, als das letztere ein Produkt „schleimiger Gärung" sein sollte.

saurer Pepsinlösung giebt bei der Temperatur des Brütkastens (ungefähr 35° C.) ihre Albuminate nach und nach als Peptone ab. Diese Wirkung ist zugleich die beste Entscheidung für die noch streitige Frage, ob Pepsin durch Membranen diosmire. Man könnte zwar die Vermuthung hegen, dass die Salzsäure allein in die Zellen eindringe und die Umwandlung ausführe. Um darüber Gewissheit zu erlangen, wurden gleichzeitige Controlversuche angestellt, indem sowohl lebende als getödtete Hefe in der nämlichen salzsauren, aber pepsinfreien Lösung neben dem eigentlichen Versuch sich im Brütkasten befand. Dieselbe gab fast keine stickstoffhaltigen Verbindungen an das Wasser ab. Aus diesen Thatsachen ergiebt sich mit vollständiger Gewissheit, dass Pepsin in salzsaurer Lösung durch Pflanzenzellmembranen diosmirt, und es dürfte wohl die Angabe von Wittich, dass Pepsin nur bei Gegenwart von freien Säuren durch Membranen hindurchgehe, allgemein richtig sein.

Die Hefenzellen scheiden die Albuminate, die sie verlieren, nicht vollständig als Peptone aus. Ein sehr kleiner Theil derselben wird in Ferment (Invertin) umgewandelt. Ein anderer kleiner Theil erfährt eine andere Zersetzung, wie sich aus den geringen Mengen von Leucin, Guanin, Xanthin und Sarkin ergibt, die in dem mit Hefe gestandenen säurehaltigen Wasser gefunden wurden. Die letzteren Verbindungen sind durch die Einwirkung des Sauerstoffs entstanden und als Produkte der Respiration zu betrachten. Als solche bilden sie sich innerhalb der Zellen und gehören vorübergehend dem Zelleninhalt an. In sauren Flüssigkeiten werden auch Albuminate als solche in geringer Menge ausgeschieden.

Es ist nun möglich, sich eine Vorstellung von dem chemischen Verhalten der Hefezellen zu machen. Untergärige Bierhefe mit nahezu 8 Proz. Stickstoff hat beispielsweise folgende chemische Zusammensetzung:

Cellulose mit Pflanzenschleim (die Zellmembran bildend)	37
Proteinstoffe:	
a) gewöhnliches Albumin	36
b) leicht zersetzbarer, glutencaseinartiger P. .	9
Peptone durch Bleiessig fällbar	2
Fett	5
Asche	7
Extractivstoffe etc.	4
	100

Unter dem mit 4 Proz. aufgeführten Rest befinden sich durch Bleiessig nicht fällbare Extraktivstoffe, worunter ein peptonartiger Körper; — ferner geringe Mengen von Invertin, Leucin und Traubenzucker, noch geringere Mengen von Glycerin, Bernsteinsäure, Cholesterin, Guanin, Xanthin, Sarkin und wahrscheinlich Inosit, endlich Spuren von Alkohol.

Verschiedene irrthümliche Angaben über Verbindungen, die in der Hefe vorkommen sollen, sind nach den vorstehenden Untersuchungen zu berichtigen. So fällte Schlossberger aus dem Auszug mit schwacher Kalilauge durch Neutralisiren mit Säure einen stickstoffarmen Körper, in welchem Schützenberger sein Hemiprotein zu erkennen glaubt. Der Niederschlag muste nach der stattgehabten Procedur ein Gemenge von Pilzschleim und Albuminaten sein. — Verschiedene Forscher geben an, dass der wässerige Auszug (selbst wenn die Hefe mit Eiswasser ausgewaschen wird) ansehnliche Mengen von Tyrosin und Leucin enthalte. Es sind dies Produkte der Fäulniss, welche aus den von den Hefezellen ausgeschiedenen Peptonen stammen.

Bezüglich der angeführten, die Hefe zusammensetzenden Stoffe giebt es keine constanten Verhältnisse. Die Menge, in der jeder einzelne Stoff vorkommt, wechselt einmal nach dem Alterszustande, in welchem sich die Hefe befindet, ferner nach allen äusseren Einflüssen, welche auf dieselbe einwirken.

Was den Alterszustand betrifft, so finden sich zwar fast in jeder Hefe alle Stadien von den jüngsten bis zu den ältesten abgestorbenen Zellen. Aber gewöhnlich überwiegt ein Stadium ganz bedeutend und verleiht der Hefe ihren bestimmten Character. Im Allgemeinen zeichnet sich die jugendliche Hefe durch einen grossen Gehalt an Albuminaten und Asche, die alterige (s. v. v.) durch einen grossen Gehalt von Cellulose und Fett aus.

Die hier folgenden Untersuchungen sind von Dr. Oscar Loew redigirt. Die dazu verwendete Hefe stammte aus der Grossbrauerei von Gabriel Sedelmayr, welche mit verdankenswerther Bereitwilligkeit möglichst reines Material zur Verfügung stellte.

1. In Weingeist lösliche Bestandtheile der Hefe.

Da Hefe an 50—60 prozentigen Weingeist durchschnittlich etwa 15 Prozent ihres Trockengewichts abgiebt, so wurde eine Untersuchung dieser Bestandtheile vorgenommen. 2,5 Kilogramm Hefeschlamm, der auf dem Filtrum das anhängende Wasser verloren hatte und 16—18 pc. Trockensubstanz enthielt, wurden mit 2 Liter Alkohol von 95 pc. 2 Tage unter häufigem Umschütteln in Berührung gelassen dann mehrere Stunden bei 60—65° digerirt, abfiltrirt, der Filterinhalt nochmals mit 1,5 Liter Alkohol bei 60° behandelt und beide Filtrate vereinigt. Diese schieden beim Erkalten einen flockigen Körper aus, von welchem nach dem Abdestilliren des Alkohols noch mehr erhalten wurde und welcher vom anhängenden Fett durch Schütteln mit Alkohol und Aether befreit nach dem Trocknen 37,72 grm. wog (circa 9 pc. der trocknen Hefe).

Seine Löslichkeit in Wasser und Alkohol ist nicht b deutend und nimmt noch mehr mit dem Trocknen ab. E im Erhitzen verbreitet er den Geruch verbrennenden Horns. D wässrige Lösung gibt mit Salpetersäure gelbe Flocken,

mit Sublimat, Ferrocyankalium und Essigsäure, sowie Bleiessig geringe Niederschläge, mit salpetersaurem Quecksilberoxyd einen beim Erhitzen mit etwas Kalinitrit sich röthenden Niederschlag und liefert mit alkalischer Kupferoxydlösung eine violette Färbung. In alkalischen Flüssigkeiten löst er sich leicht und Säuren fällen ihn daraus in Flocken. Bei längerer Berührung mit schwacher Kalilösung (1—2 prozentige genügt) erleidet er eine wenn auch wenig weit gehende Zersetzung unter Abgabe von Schwefelwasserstoff, leicht mit Bleipapier beim Ansäuern der Flüssigkeit erkennbar.

Es unterliegt also keinem Zweifel, dass dieser Körper zu den Proteinstoffen zält und zwar erinnert seine Löslichkeit in heissem Weingeist sehr an das von Ritthausen in den Getreidearten aufgefundene Glutencasein, dem er sich auch in seinen übrigen Eigenschaften nähert. Auffallend ist die Leichtigkeit, mit welcher er sogar ohne Temperaturerhöhung durch sehr verdünnte Kalilösung eine Schwefelwasserstoffabspaltung erfährt; er unterscheidet sich dadurch von der Hauptmasse des Hefealbuminats, welches unter denselben Bedingungen viel beständiger ist und sich aufs engste an das Eieralbumin anschliesst. [1])

Nach Ausscheidung dieses Proteinstoffes aus dem weingeistigen Hefeextract wurde die mit Barytwasser neutralisirte

1) Hieraus wird wohl die Angabe Schlossbergers erklärlich dass das Albuminat der Hefe sich durch besonders leichte Zersetzbarkeit auszeichne (Ann. Chem. Ph. Bd. 80) und schon bei Behandlung mit verdünnter Kalilösung den Schwefel und einen Theil des Stickstoffs verliere; er hätte in seinem alkalischen Auszug wohl vorzugsweise jenes leicht zersetzbare glutencaseinartige Albuminat. Säuren fällten daraus einen Körper mit nur 13,9 pc. N. Ich habe nach Entfernung jenes Körpers mit verdünntem Kali einen Körper der Hefe entzogen, der durch Neutralisation der Lösung mit Salzsäure gefällt, noch 15,30 pc. N. enthielt [0,230 grm. gab 0,248 Pt.] und mindestens so beständig war, wie Eieralbumin.

Flüssigkeit mit Bleiessig gefällt (p). Das Filtrat nach Ausfällung des Bleis und Baryts eingedampft, gab eine bräunliche hygroscopische, im Geruch an Brodrinde und Fleischextract erinnernde, im starkem Alkohol theilweise lösliche Masse, welche viel essigsaures Kali — aus Zersetzung der Hefephosphate mit Bleiessig hervorgegangen — enthielt. Nach Entfernung des grössten Theils des Kali mittelst Schwefelsäure und Alkohol fiel auf Zusatz von Aether-Alkohol ein zäher Syrup aus, die im wesentlichen aus Pepton bestand und zwar dem sogenannten c-Pepton Meissners; denn Ferrocyankalium in essigsaurer Lösung fällte ihn nicht, während Millons und die sogenannte Biuret-reaction über die Natur des Körpers keinen Zweifel aufkommen liessen. Weder durch Kochen mit Kupferoxydhydrat noch durch partielle Fällung mit Quecksilberoxydacetat konnten krystallisirbare Beimengungen aufgefunden werden; Glutaminsäure und Asparaginsäure waren sicherlich nicht vorhanden.

Die von dem erwähnten Syrup abgegossene alkoholisch-aetherische Flüssigkeit liess bei längerem Stehen eine geringe Menge eines weisslichen Pulvers fallen, das sich als reines Leucin erwies. Das Filtrat hievon der Destillation unterworfen, der Rückstand in wenig Alkohol gelöst und dann mit viel Aether versetzt schied einen bräunlichen Syrup (s) aus, während die aetherische Schichte beim Verdunsten einen zähflüssigen nicht trocknenden Rückstand lieferte, der beim Erhitzen den spezifischen Acroleingeruch entwickelte, also auf Glycerin als weiteren Bestandtheil deutete.

Der Syrup (s) wurde auf dem Wasserbade vom Alkohol befreit, die mit Kali neutralisirte Lösung mit salpetersaurem Quecksilberoxyd gefällt und das Filtrat mit Schwefelwasserstoff behandelt. Letztere lieferte ausser einer geringen Menge Leucin im Wesentlichen Traubenzucker mit allen seinen characteristischen Reactionen, während der Quecksilberniederschlag eine stickstoffreiche Materie enthielt,

welche mit salpetersaurem Silberoxyd einen in Ammoniak unlöslichen Niederschlag gab; die Menge dieses jedenfalls der Xanthingruppe angehörigen Körpers, war für eine nähere Untersuchung zu gering.

Der obenerwähnte Bleiessigniederschlag (p) enthielt neben phosphorsaurem Bleioxyd 10,1 grm. organische Materie. Nach Behandlung nit Schwefelwasserstoff und Entfernung der Phosphorsäure mit Aetzbaryt lieferte das Filtrat nach dem Einengen einen feinpulvrigen Absatz, der im Wesentlichen aus einem Barytsatz bestand. Mit Salzsäure versetzt, nimmt Aether beim Schütteln Bernsteinsäure auf; ihre Menge betrng 0,16 grm.[5])

Die vom bernsteinsauren Baryt abfiltrirte Flüssigkeit gab mit Alkohol einen voluminösen Niederschlag, der sich im Wesentlichen aus einer Pepton-Baryt-Verbindung bestehend erwies. Die ganze Menge des in frischer Hefe vorhandenen Peptons übersteigt nicht 2 Procent. Die Untersuchung ergab also Pepton, Bernsteinsäure, Leucin, Traubenzucker, Glycerin, und ein in Alkohol lösliches Albuminat.

2. In Aether lösliche Bestandtheile der Hefe.

Ausser einer kurzen Bemerkung Hoppe-Seylers in einer Abhandlung „Ueber die Constitution des Eiters"[6]), dass Aether ausser Fett noch Cholesterin und Lecithin aus der Hefe aufnehme, findet sich in der Literatur keine weitere Angabe hierüber, wesshalb Versuche angestellt wurden, die

---

5) Dieses würde 0,04 pc. der trocknen Hefe entsprechen, möglicherweise erreicht aber der Gehalt daran das Doppelte. Die hier eingeschlagene Untersuchungs-Methode ist qualitativer Art und war nicht auf quantitative genaue Bestimmungen der in so kleinen Mengen vorhandenen Bestandtheile gerichtet.

6) Med.-chem. Untersuchungen, Heft IV, pag. 500.

nun ergaben, dass wohl Cholesterin, aber nicht Lecithin [7]) zu den Hefebestandtheilen gehört. —

Schüttelt man Hefeschlamm mit dem gleichen bis doppelten Volum Aether, so bildet sich ein breiförmiges Gemenge, aus welchem sich auch nach mehrtägigem Stehen nichts absondert. Nur durch Zugabe von Alkohol lässt sich eine Abscheidung der aetherischen (alkoholhaltigen) Schichte bewerkstelligen. Destillirt man aus letzterer den Aether ab, so giebt der alkoholische Rückstand weder direct noch nach weiterem behutsamen Concentriren Reactionen auf Lecithin und ebenso wenig nach Kochen mit Aetzbaryt und Extrahiren des eingedunsteten von letzterem mittelst Kohlensäure befreiten Filtrats mit Alkohol — solche auf Neurin.

Ein Theil des alkoholischen Destillationsrückstandes mit alkoholischer Platinchlorid-Lösung versetzt, gab nach eintägigem Stehen keine Spur einer Lecithinverbindung; der gebildete geringe Niederschlag enthielt ebensowenig Neurin, ein so characteristisches Spaltungsproduct des Lecithins, sondern bestand aus Kaliumplatinchlorid, herrührend von phosphorsaurem Kali, das zu 4 pc. und darüber in der Hefe enthalten ist und in kleiner Menge in die alkoholisch-aetherische Flüssigkeit übergegangen war.

Der nach dem Abdestilliren des Aethers sich aus der alkoholischen Flüssigkeit abscheidende fettige Körper enthielt keine Spur einer organischen Phosphorverbindung, gab aber nach dem Verseifen und Ausschütteln mit Aether feine seideglänzende Nadeln von allen Reactionen des Cholesterins [8]).

---

7) Der Nachweis des Lecithins auch in geringen Mengen ist nicht it Schwierigkeiten verbunden, wie mir spezielle Vorversuche mit der s Dotter dargestellten Substanz ergaben.

8) Dieses besass einen schwachen, an Geranium und Bienenwachs nnernden Beigeruch; die Menge entsprach 0,06 pc. der trocknen Hefe.

Da nun möglicherweise die Abwesenheit von Lecithin in jenem alkoholisch-ätherischem Auszug darauf hätte zurückgeführt werden können, dass dieser Körper durch die feuchte Membran der Hefezelle schwierig diffundirt, so wurde einerseits lufttrockne Hefe der Extraction mit absolutem Alkohol unterworfen, andrerseits Hefeschlamm nach wiederholter Behandlung mit absolutem Alkohol (um möglichst viel Wasser zu entziehen) mit reinem Aether behandelt, allein auch diese Versuche führten zu keinem günstigeren Resultate.

3. Ueber die Bestimmung des Fettgehalts der Hefe.

Die Natur der plasmareichen Hefezelle führte mich zur Vermuthung, dass das Fett, dessen Gehalt zu 2—3 pc. angegeben wird, mittelst der gebräuchlichen Methode der Aetherextraction nicht vollständig erhalten würde und die erhaltenen Zalen zu niedrig seien. Eine genaue Bestimmung war nach meiner Ansicht nur nach vorhergehender Zerstörung der Zellmembran möglich. Der Versuch hat diese Voraussetzung völlig bestätigt; denn während scharfgetrocknete Hefe bei anhaltender Behandlung mit kochendem Aether nur 1,85 pc. flüssiges Fett lieferte, gab eine Portion desselben Materials nach vorheriger Behandlung mit concentrirter Salzsäure 4,6 pc. Fettsäure, welche als Oelsäure angenommen = 5,29 Fett entspricht.

Dass Verfahren ist kurz folgendes:

Bei 100° getrocknete Hefe (etwa 2—3 grm.) wird auf dem Wasserbade mehreremale mit concentrirter Salzsäure abgedampft, die resultirende schwarze Masse mit Wasser auf dem Filter ausgewaschen, dann mit absolutem Alkohol erwärmt und nach dem Abfiltriren desselben mit Aether digerirt. Der alkoholische und ätherische Auszug werden vereinigt und der Destillation unterworfen, der Rückstand

mit Chloroform behandelt, die Lösung von der gewöhnlich nur geringen Menge ungelöster Substanz abfiltrirt und im tarirten Kölbchen der Chloroform abdestillirt. Die erhaltene Substanz ist nun kein fettsaures Glycerin mehr, sondern durch die verhältnissmässig grosse Menge Salzsäure in Freiheit gesetzte Fettsäure. [6])

Da diese ein bei gewöhnlicher Temperatur flüssiges Fett liefert, besteht sie wohl zum grösseren Theile aus Oelsäure. Bei dem hohen Moleculargewicht der Fettsäuren im engeren Sinne und der verhältnissmässig kleinen Differenz mit dem der entsprechenden Glycerinverbindungen kommt eine nur geringe Beimengung von Palmitin- oder Stearinsäure kaum in Betracht; denn es liefern:

1 Theil Oleinsäure = 1,1518 Olein,
1 Theil Stearinsäure = 1,1461 Stearin,
1 Theil Palmitinsäure = 1,2644 Palmitin.

Wenn aber letztre Beimengungen in grössrer Menge vorhanden sind, so gebe man in ähnlichen Fällen einfach den Gehalt an Fettsäuren an, auf welchen ja ohnehin bei Fettbestimmungen der Hauptnachdruck beruht; kommt es auf den Vergleich mit dem durch Aether extratirten Fett an, so verseife man letzteres ebenfalls.

4. Bemerkungen über das Invertin und „Nuclein" der Hefe.

Es wurden mehrere Versuche angestellt, die ungeformten Fermente der Hefezelle nach der von Hüfner für andre Fälle angegebenen Methode (Extraction mit Glycerin und Fällen des Auszugs mit Alkohol) darzustellen; es konnten indess ausser der Eigenschaft, Rohrzucker zu invertiren, keine anderen fermentativen Wirkungen an

9) Um zu entscheiden, ob der Fettsäure noch unverseiftes Fett beigemengt sei, wurden 0,096 grm. mit alkoholischer Kalilösung behandelt, eingedampft und nach Versetzen mit Salzsäure mit Cloroform extrahirt; die Differenz betrug nur 0,002 grm.

dem erhaltenen Präparate wahrgenommen werden. Bezüglich dieses Fermentes nun — dem sogenannten Invertin — wurde neuerdings von M. Barth [10]) eine Mittheilung gemacht. Er stellt es dar durch Extrahiren von scharf getrockneter Hefe mit Wasser und Fällen des Auszugs mit starkem Alkohol. Bei dem nicht unbeträchtlichen Gehalte der Hefe an Pflanzenschleim, musste dieser naturgemäss das so erhaltene Präparat verunreinigen, wofür nicht nur die auffallend geringe Inversionsfähigkeit, sondern auch der sehr niedrige Stickstoffgehalt — B. fand nur 6 pc. — spricht. —

Nach einer Angabe Hoppe-Seylers [11]) kommt in der Hefe trotz des Mangels eines Zellkerns doch dieselbe Substanz vor, aus welcher die Kerne der Blut- und Eiterkörperchen bestehen und welche man „Nuclein" nannte. Trotzdem schon von mehreren Seiten die Individualität des Nucleins in Frage gestellt wurde, versuchte ich die von Hoppe für die Hefe gemachten Angaben zu prüfen. Nach Behandlung mit Aether, Alkohol und Kochsalzlösung — genau nach Hoppe's Verfahren — gab die Hefe an verdünntes Aetznatron einen durch Salzsäure fällbaren Körper ab, der sich bei genauer Prüfung in nichts von Eiweiss mit geringer Beimengung von phosphorsaurem Kalk und Magnesia unterschied. Bei dem beträchtlichen Gehalt der Hefe an Phosphaten kann eine geringe Verunreinigung mit „Phosphor", dessen Anwesenheit Hoppe zur Annahme des Nucleins in der Hefe bestimmt hatte, nicht überraschen.

5. Ueber den Pilzschleim und das Verhalten der Hefe bei wiederholter Behandlung mit heissem Wasser.

Mein Vorgänger Heinrich hatte eine Untersuchung über das Verhalten der Hefe bei längerer und wiederholter Be-

---

10) Ber. Deutsch. Chem. Ges. März 1878.

11) Medic.-chem. Untersuchungen Heft IV. p. 500 und Handbuch der physiolog.-chem. Analyse pag. 263.

handlung mit kochendem Wasser begonnen und die Extracte von elf aufeinander folgenden Abkochungen von einer 594 grm. Trockensubstanz entsprechenden Portion Hefe dargestellt; die angewandten Wassermengen variirten von 2—4 Liter, die Zeitdauer von anfangs wenigen Stunden bis 1 und 2 Tage bei den späteren Operationen. Da Heinrich an der weiteren Untersuchung der Extracte durch Krankheit verhindert wurde, hatte ich den Auftrag erhalten diese vorzunehmen. Im Wesentlichen bestanden dieselben aus Peptonen, wie sie bei längerem Kochen von Eiweiss mit Wasser erhalten werden, ferner einer eigenthümlichen Gummisubstanz oder Pflanzenschleim und Mineralsalzen. Stickstoff- und Aschegehalt nahmen mit der fortschreitenden Extraction ab, wogegen die Menge des Schleims relativ zunahm, wie aus folgender Tabelle ersichtlich wird:

Auszug	Gewicht des Extracts bei 100° getr.	Asche in Procenten	Stickstoff in Procenten
1	118,0	19,95	6,52
2	fehlte	—	—
3	16,79	9,49	10,32
4	12,25	7,66	10,57
5	10,12	6,07	9,80
6	6,14	5,17	9,25
7	10,61	4,52	8,15
8	fehlte	—	—
9	20,52	3,34	7,69
10	17,82	2,24	6,67
11	—	1,63	5,10

Nach der letzten Behandlung hinterblieben 286 grm. (Trockensubstanz) mit einem wesentlich verminderten Stickstoffgehalte.

Um den Pilzschleim zu isoliren wurde mittelst Bleiessig die Phosphorsäure und a- und b-Pepton entfernt und das Filtrat nach dem Entbleien und Concentriren heiss mit dem gleichen Volum heissen Alkohols vermischt, die Flüssigkeit von der ausgeschiedenen zähen Masse noch heiss abgegossen, und letztere durch wiederholte Ausfällung aus heisser Lösung rein und völlig weiss erhalten.[12]) Die alkoholischen Flüssigkeiten enthalten vorzüglich c-Pepton, neben einem syrupösen Körper und Spuren Leucin.

Dieser Hefeschleim wurde zuerst von Béchamp aufgefunden,[13]) aber nicht näher untersucht. In seinen Eigenschaften schliesst er sich am nächsten an das in den Runkelrüben aufgefundene sogenannte Dextran an, beide geben mit alkalischer Kupferlösung einen käsigen hellblauen Niederschlag. Durch das optische Verhalten sind sie jedoch wesentlich unterschieden, das Drehungsvermögen des Dextrans beträgt + 223°, das des Hefeschleims nur + 78°.[14]) In heissem Wasser löst sich letztrer leicht zu einer schwach opalisirenden Lösung auf, in kaltem nur schwierig. Durch Pergamentpapier diffundirt er, wenn auch ungemein langsam. Er reducirt Fehlings Lösung nicht (Unterschied von Dextrin) und wird mit Säuren nur langsam in Glycose verwandelt. Mit Gerbsäure giebt er keinen Niederschlag (Unterschied von gelöster Stärke), ebensowenig mit Borax (Unterschied von Arabin). Jod wird langsam unter Braunfärbung gelöst. Bleiessig fällt die concentrirte Lösung nicht (Unterschied von Dextran), wohl aber nach Zusatz von Kali. Salpetersäure führt ihn erst in eine syrupöse

---

12) Aus den späteren Abkochungen lässt sich die Substanz viel leichter farblos erhalten, als aus den ersten, welche von viel dunklerer Färbung sind.

13) Compt. rend. 74. p. 186.

14) Béchamp, dessen Substanz vielleicht nicht völlig wasserfrei gewogen wurde, giebt nur + 58 bis 61° an.

Säure (Zuckersäure?), dann in Oxalsäure über. Schleimsäure, welche Béchamp beobachtet haben will, entsteht hiebei durchaus nicht.

Bei 110° getrocknet gaben 0,518 grm. 0,3078 H_2O und 0,8235 CO_2, entsprechend 6,60 pc. H und 41,43 pc. C woraus sich am nächsten die Formel $C_{18}\ H_{34}\ O_{17} = 3\ (C_6H_{10}O_5) + 2\ H_2O$ ableiten lässt:

	Berechnet für		Gefunden
	$C_{12}\ H_{22}\ O_{11}$	$C_{18}\ H_{34}\ O_{17}$	
C . . .	42,10	41,38	41,43
H . . .	6,43	6,51	6,60

Um womöglich das Moleculargewicht festzustellen, wurden die Verbindungen mit Blei und Kupfer dargestellt, erstre durch Fällung mit einer Lösung von Bleizucker in verdünntem Kali, letztre durch Fällung mit einer Mischung von Kupferacetat, weinsaurem Kali und Aetzkali und Waschen mit Weingeist; allein die Niederschläge waren stets kalihaltig, die Kupferverbindung enthielt 12,05 pc. Cu und 3,39 pc. K.

6. Ueber die Cellulose der Sprosshefe und Essigmutter.

Nach Frémy [15]) ist die Cellulose der Champignons unlöslich in Kupferoxydammoniak, nach Liebig [16]) ist dieses auch bei der Hefecellulose der Fall und nach Schlossberger besitzt letztre ferner die Fähigkeit, durch Einwirkung von Säuren sehr leicht in Zucker überzugehen.

Eine Vergleichung der aus Sprosshefe wie aus Essigmutter (Mycoderma aceti) dargestellten Cellulose ergab ein

---

15) Jahresb. 1859.

16) A. Mayer, Lehrb. der Gärungschemie p. 97.

ungleiches Verhalten. Während die Sprosshefencellulose leicht durch Säuren angreifbar und andrerseits völlig unlöslich in Kupferoxydammoniak ist, erweist sich die Essigmutter-Cellulose von einer grossen Resistenzfähigkeit gegen Säuren und wird, wenn auch sehr langsam von Kupferoxydammoniak gelöst.

Eine Reindarstellung der Sprosshefencellulose ohne bedeutenden Verlust scheint besondere Schwierigkeiten zu haben. Schlossberger behandelte die Hefe mit Kali und Essigsäure, allein sein Präparat enthielt noch 0,5 pc. N. Um ein besseres Resultat zu erzielen, substituirte ich warme, mässig starke Salzsäure für die Essigsäure und reducirte dadurch allerdings den N-gehalt auf eine Spur, erlitt aber durch Zuckerbildung einen beträchtlichen Verlust. Dieses Präparat diente zu mehreren Vergleichen; es ist völlig unlöslich in Kupferoxydammoniak.

Weitere Versuche, die Albuminate mittelst verdünnter Lösung von Chlorkalk oder chlorige Säure zu zerstören, führten ebenfalls nicht zum Ziele: die erhaltenen anscheinend inhaltlosen Zellmembranen wurden nachher durch Kali stark verändert und theilweise gelöst, sie waren jedenfalls durch jene Oxydationsmittel stark angegriffen worden. —

Auch Versuche, durch Pepsinverdauung die Albuminate zu entfernen, führten zu keinem befriedigenderen Resultat. Die Zellen zeigten zwar nach 2 tägiger Digestion mit Pepsin in schwach salzsaurer Lösung eine nicht unerhebliche Verminderung des Inhalts, allein diese Abnahme wurde bei den folgenden Behandlungen immer geringer und nach der dritten betrug der N-gehalt noch 3,1 pc. — also noch mehr als $^1/_3$ des ursprünglich vorhandenen. Es ist indessen wohl möglich, dass bei sehr lange fortgesetzter Operation schliesslich auch die resistenteren Theile des Plasmas gelöst werden. Ein Versuch durch Pancreasverdauung in neutraler Lösung

zum Ziele gelangen, schlug wegen racher Entwicklung von Spaltspilzen fehl.

Die Reindarstellung der Essigmutter Cellulose ist mit Salzsäure und Natronlauge leicht ohne erheblichen Substanzverlust auszuführen, da sie resistenter gegen Säuren ist. Diese Cellulose bildet weisse bis leicht röthliche papierdünne häutige Massen von schwachem Glanze. Kochende Salpetersäure greift sie nur langsam an, concentrirte Schwefelsäure löst sie unter Bräunung und Zuckerbildung allmälig auf. 0,36 grm. wurden nach 18 Stunden von 20 cc. Kupferoxydammoniak völlig gelöst, während für die gleiche Menge Filtrirpapier 2 Stunden hinreichten, den fast momentan gebildeten Brei in eine Lösung zu verwandeln. —

0,2855 grm. dieser Cellulose gaben 0,1700 H_2O und 0,4611 CO_2, entsprechend 44,03 pc. C und 6,61 pc. H. Die Formel $C_6H_{10}O_5$ verlangt: 44,44 C und 6,20 H.

7. Ueber die Producte der Hefe bei der Involution.

Eine Mischung von mit Wasser auf 9,15 Liter verdünnter Hefe (entsprechend 529,2 grm. Trockensubstanz) mit 91,5 grm. Phosphorsäure, welche 13 Monate in einer zu ²/₃ damit angefüllten Flasche sich selbst überlassen worden war, wurde mir zur Untersuchung von Herrn Professor Dr. v. Nägeli übergeben.

Die Flüssigkeit war geruchlos und von gelblicher Farbe, der Bodensatz schlammig, vom Aussehen frischer Hefe, aber unfähig, Zucker in Gärung zu versetzen. Während der Gehalt an N = 7,82 pc. und an Asche = 6,45 pc. bei der angewandten Hefe betragen hatte, enthielt sie jetzt nur noch 6,84 pc. N. und 0,43 pc. Asche. Das Extract musste esshalb N-reicher sein als die verwendete Hefe und in der 'hat wurde derselbe in einer abgemessenen eingetrockneten 'robe zu 8,98 pc. gefunden.

Eine Trockensubstanzbestimmung mit einem Theil des zu einem gewissen Volum mit Wasser aufgeschüttelten Bodensatzes ergab das Gewicht des letzteren zu 331,3 grm., es hatte also die Hefe 197,9 grm. an die verdünnte Phosphorsäure abgegeben.

Bei der Untersuchung der Flüssigkeit wurde zunächst ein Strom kohlensäurefreier Luft durchgesaugt und in Kalkwasser geleitet, wodurch sich die Anwesenheit von Kohlensäure ergab.

Ein Achtel wurde der wiederholten fractionirten Destillation unterworfen und aus dem letzten Destillat durch kohlensaures Kali Alkohol abgeschieden, sein Volum betrug 0,9 cc. Der ursprüngliche Retorteninhalt wurde nun mit den andern $^7/_8$ vereinigt, mit Kalkmilch die freie Phosphorsäure entfernt und das Filtrat zur Syrupconsistenz eingeengt, wobei sich das in geringer Menge vorhandene Eiweiss in schleimigen Häuten abschied.

Nach mehreren vergeblichen Versuchen hieraus direct gut characterisirte Körper abzuscheiden [17]) wurde die Lösung mit Bleiessig so lange versetzt als ein Niederschlag entstand (P).

Das Filtrat wurde entbleit, concentrirt und mit heissem Alkohol von mässiger Stärke behandelt, wobei im Wesentlichen der schon erwähnte Pilzschleim als zähe Masse ungelöst blieb, während die heiss davon abgegossene Flüssigkeit beim Erkalten einen amorphen in Wasser leicht löslichen Körper fallen liess, der sich wie das b-Pepton Meissners verhielt; denn ausser Millons- und der sogenannten Biuretreaction gab er mit Ferrocyankalium und Essigsäure nach mehreren Minuten einen starken Niederschlag.

---

17) Ein Theil mit Alkohol extrahirt, gab an letztrem unter anderm geringe Mengen von Traubenzucker ab.

Da das Filtrat von diesem Pepton nach dem Concentriren und längerem Stehen keine krystallinischen Produkte lieferte, wurde es nach dem Verdünnen mit Wasser mit Quecksilberoxydnitrat — bei gleichzeitigem Neutralhalten mit Barytwasser — gefällt (H), das Filtrat hievon nach der Behandlung mit Schwefelwasserstoff eingeengt, und dann mittelst Alkohol von dem grössten Theile des Kali- und Barytnitrats befreit. Wird nun diese alkoholische Flüssigkeit mit etwas Aether versetzt, so scheidet sich ein hellgelber Syrup aus, in welchem sich nach längerem Stehen neben noch vorhandenen Nitraten kleine Warzen eines N-freien indifferenten organischen Körpers bilden, der beim Umkrystallisiren dentritische Formen zeigt, an der Luft etwas verwittert und beim Erhitzen einen acetonartigen Geruch verbreitet. Er reducirt Fehlings Lösung auch nach dem Kochen mit verdünnter Salzsäure nicht. Meine Vermuthung Inosit vor mir zu haben konnte ich wegen zu geringer Menge und der mangelnden Schärfe der Scherer'schen Reaction nicht näher prüfen. Der übrige Theil des Syrups lieferte mit Kupferoxydhydrat gekocht eine in blaugrünen Prismen krystallisirende Verbindung in geringer Menge, während die mit Aether versetzte alkoholische Flüssigkeit, aus der sich jener Syrup abgeschieden hatte, beim Verdampfen geringe Mengen Leucin gab. Tyrosin fehlte.

Der Niederschlag P. Dieser obenerwähnte, mit Bleiessig erhaltene Niederschlag wurde nach dem Auswaschen mit Schwefelwasserstoff zersetzt und das zum Syrup concentrirte Filtrat mit Alkohol heiss extrahirt, wobei eine wesentlich aus Pepton bestehende Masse ungelöst blieb und sich beim Erkalten des Filtrats bräunliche Flocken, deren Verhalten sie als a-Pepton Meissners erkennen liessen, abschieden. Nach dem Abdestilliren des Alkohols wurde mit Barytwasser die Phosphorsäure entfernt und das Filtrat

auf ein kleines Volum eingeengt.[18]) Nach mehreren Tagen hatte sich ein schwerlösliches bräunliches Pulver abgeschieden, welches sowohl mit Salz- und Salpetersäure krystallisirende Verbindungen lieferte, als auch mit salpetersaurem Silber, letztre in Ammoniak unlöslich und aus heisser Salpetersäure in schönen Nadeln sich abscheidend. Mit essigsaurem Kupferoxyd gekocht entsteht ein flockiger hellgrüner Niederschlag. Während es in den fixen Alkalien und Mineralsäuren leicht löslich ist, wird es von Ammoniak kaum mehr gelöst als von Wasser und hierin liegt wohl ein Hauptunterschied des Guanins vom Xanthin und Sarkin.

Die syrupöse Mutterlauge, aus welcher sich das Guanin abgeschieden hatte, enthielt noch etwas Pepton und widerstand allen Versuchen, krystallisirbare Verbindungen daraus zu gewinnen.

Der Niederschlag H. In heissem Wasser aufgeschlemmt und durch einen Strom Schwefelwasserstoff zersetzt, lieferte der Quecksilberniederschlag (H) ein Filtrat, welches beim Einengen ein schwerlösliches Pulver fallen liess, welches mit Salpetersäure die charakteristische Xanthinreaction gab. Mit wenig Wasser gekocht löste sich ein Theil auf und schied sich beim Erkalten wieder aus, Sarkin, der andre Theil war auch in kochendem Wasser sehr schwer löslich, wogegen leicht in Ammoniak und Säuren, Xanthin.[19]) Beide Körper gaben die characteristischen in Ammoniak unlöslichen Silbersalze; von erstrem wurde ferner die Salzsäure- und Kupferverbindung behufs Identificirung dargestellt. Das Filtrat von diesen

18) Das während des Eindampfens gebildete Sediment gab nach Zugabe von Säure an Aether kleine Blättchen vom Verhalten der Bernsteinsäure ab, es war ohne Zweifel bernsteinsaurer Kalk. —

19) Xanthin, Sarkin, Guanin (und Carnin) wurden bereits von Schützenberger vor mehreren Jahren in „erweichter Hefe“ aufgefunden.

schwerlöslichen Körpern wurde nach dem Eindampfen mit heissem Alkohol extrahirt (a), wobei eine die Peptonreactionen gebende Masse zurückblieb, welche in Folge der Nichtfällbarkeit mit Salpetersäure sowohl als durch Ferrocyankalium, wohl Meissners c-Pepton enthält. Da möglicherweise auch Kreatin bei der langsamen Respiration der Hefe gebildet werden könnte, so wurde diese Masse, welche dasselbe hätte enthalten müssen, mit verdünnter Schwefelsäure erwärmt, dann nach Behandlung mit kohlensaurem Baryt eingedampft und mit Alkohol extrahirt. Letztrer hinterliess beim Verdunsten einen Rückstand, der mit Chlorzink der Kreatinin-Verbindung sehr ähnliche Krystallformen lieferte. Jedenfalls ist aber, wenn hier in der That Kreatinin vorliegt, dessen Menge eine äusserst geringe.

Aus der heissen alkoholischen Flüssigkeit (a) schied sich beim Erkalten ein gelber amorpher Körper ab, der beim Erhitzen den Geruch verbrennenden Horns entwickelte und mit salpetersaurem Silberoxyd einen in Ammoniak leicht löslichen Niederschlag gab. Die eingeengte Flüssigkeit wurde mit Alkohol behandelt, dem $^1/_4$ volum Aether zugefügt war und die von dem Reste des vorhandenen Peptons getrennte Lösung nach Verdunsten des Alkohols nochmals mit Quecksilberoxydnitrat (ohne zu neutralisiren) gefällt und hiebei noch ein Körper aus der Xanthingruppe erhalten, der eine Silberverbindung in weissen in Ammoniak unlöslichen Nadeln gab, welche sich beim Eindampfen mit Salpetersäure — wahrscheinlich durch Bildung einer Nitroverbindung — hochgelb färbte. Das Filtrat von diesem Niederschlag wurde nun in mit Barytwasser neutral gehaltener Lösung mit Quecksilberoxydnitrat gar ausgefällt und in diesem Niederschlage nach Tyrosin gesucht, indessen nicht in Krystallen erhalten, obwohl Reactionen eine geringe Menge davon anzudeuten schienen.

Harnstoff war in dem Niederschlage (H) nicht vorhanden; er konnte auch nicht aufgefunden werden, als feucht gehaltene Hefe bei schwach saurer wie schwach alkalischer Reaction 8 Tage lang der Luft ausgesetzt wurde.

Die Hefe hatte also bei langsamer Respiration und allmäligem Absterben an die verdünnte, 1 procentige Phosphorsäure abgegeben: a-, b-, und c-Pepton, Leucin, Guanin, Xanthin, Sarkin, Pilzschleim, ferner geringe Mengen Albumin, Kohlensäure, Alkohol und Traubenzucker.

Ueber die Fettbildung bei den niederen Pilzen.[1])

In der Thierphysiologie besteht noch Streit darüber, ob die Fette aus Albuminaten oder Kohlenhydraten entstehen. In der Pflanzenphysiologie ist diese Frage noch kaum erörtert worden. Wir sehen zwar, dass Fette und Kohlenhydrate einander oft vertreten, dass die einen Gewächse Fett anhäufen, wo verwandte Arten, Gattungen oder Ordnungen Stärkemehl aufspeichern, ferner dass Stärkemehl in einem Gewebe verschwindet, worauf Fett an dessen Stelle tritt, oder auch umgekehrt. So sind die Repssamen, aus denen im reifen Zustande Oel gepresst wird, vor vollständiger Reife mit Stärkekörnern erfüllt.

Doch geben uns solche Beobachtungen noch nicht die unbestreitbare Gewissheit, dass wirklich die Substanz der einen Verbindung in die andere Verbindung umgewandelt wird. Es wäre ja beispielsweise möglich, wenn auch nicht wahrscheinlich, dass Stärkemehl als Zucker gelöst und fortgeführt, und dass dafür die fettbildenden Baumaterialien aus andern Geweben herbeigeführt würden.

1) Die am Schlusse beschriebenen Versuche wurden von O. Loew ausgeführt.

Für die Entscheidung der vorliegenden Frage eignen sich offenbar einzellige und wenigzellige Pflanzen besser als die höher organisirten, aus verschiedenen Organen und Geweben bestehenden, weil der Ursprung einer Substanz besser controlirt werden kann, — und besonders erweisen sich die niederen Pilze als günstige Objecte für solche Untersuchungen, weil bei ihnen der Ernährungschemismus viel einfacher verläuft, als bei den morphologisch gleich gebauten niederen Algen.

Bei den niederen Pilzen nun lässt sich die Entstehung der Fette mit Leichtigkeit und vollkommener Sicherheit einerseits aus Albuminaten und anderen Stickstoffkohlenstoffverbindungen, andrerseits aus Kohlenhydraten und anderen stickstofffreien Kohlenstoffverbindungen darthun. Was zuerst die stickstoffhaltigen Verbindungen betrifft, so ist ein doppeltes Beweisverfahren möglich, indem entweder gezeigt wird, dass dieselben in einer Zelle zersetzt werden und das Material für die Fettbildung liefern, oder indem nachgewiesen wird, dass eine Zelle nur solche Nährstoffe aufnimmt und daraus Fett erzeugt.

Es ist eine allgemeine Erscheinung, dass in Pilzzellen, die in der Jugend bloss plasmatischen (aus Albuminaten bestehenden) Inhalt besitzen, späterhin mehr oder weniger Fett auftritt. Diess ist auch dann der Fall, wenn dieselben in reinem Wasser sich befinden und somit keine fettbildenden Stoffe aufnehmen können, denn das kohlensaure Ammoniak, das sich nicht abhalten lässt, vermögen sie nicht zu assimiliren. Man beobachtet daher auch, dass das Plasma mit dem Erscheinen des Fettes sich vermindert. Dass letzteres hier nicht von stickstofffreien Kohlenstoffverbindungen abgeleitet werden kann, ergiebt sich aus dem Umstande, dass solche nur in sehr geringen Mengen im Zelleninhalte vorkommen, und dass die aus Cellulose bestehende Membran während der Fettbildung an Substanz oft deutlich zunimmt.

Eine solche Beobachtung ist nun unmittelbar entscheidend, wenn es sich um einzellige Pilze und zwar um solche handelt, wo die Zellen nicht mit anderen Zellen in Berührung sind und nur mit dem umgebenden Wasser in gegenseitigem diosmotischen Austausche stehen. Bei den mehrzelligen Schimmelpilzen lässt sich der allfällige Einwurf, es könnten die fettbildenden Zellen Stoffe aus andern Theilen des Fadens erhalten haben, mit der Thatsache widerlegen, dass alle Zellen sich gleichverhalten, dass jede einzelne und somit auch die Gesammtheit der miteinander in Verbindung stehenden Zellen an Albuminaten ärmer, dagegen an Fett und an Cellulose reicher wird.

Für derartige Beobachtungen sind die Schimmelpilze am brauchbarsten, weil sie viel Fett erzeugen. Allein auch bei den Sprosspilzen, welche alle verhältnissmässig arm an Fett sind (die Unterbierhefe enthält davon nur 5 Procent ihrer Trockensubstanz), kann nach der mikroskopischen Untersuchung kein Zweifel bestehen. Ich habe einige Flaschen mit Bierhefe und phosphorsäurehaltigem Wasser zwei Jahre lang (1870—1872) stehen lassen und hin und wieder umgeschüttelt. Es stellten sich weder Schimmel noch Spaltpilze ein. Die Hefenzellen vegetirten langsam fort. Beim Beginne des Versuches waren die dünnwandigen Zellen bloss mit Plasma erfüllt. Zuletzt erschien die Membran etwas stärker, und der feste Zelleninhalt war auf ein kleines sehr stark lichtbrechendes Körnchen zusammengegangen, welches offenbar aus Fett und den noch ungelösten Albuminaten bestand. Die quantitative Fettbestimmung konnte bei dieser Hefe nicht ausgeführt werden.

Dass Albuminate und andere stickstoffhaltige Kohlenstoffverbindungen Material zur Fettbildung abgeben können, lässt sich aber viel anschaulicher auf dem anderen Wege darthun, indem man nämlich diese Substanzen ausschliesslich zur Ernährung benutzt. Die Spaltpilze gedeihen sehr gut

in einer Lösung von Eiweiss oder besser von Peptonen aus Eiweiss und den nothwendigen Mineralstoffen (enthaltend Phosphor, Kalium, Magnesium, Calcium); die Schimmel wachsen darin mit Ausschluss der Spaltpilze, wenn die Lösung etwas freie Phosphorsäure enthält. Wenn bloss eine Spur von Sporen oder Pilzen zur Aussaat verwendet wird, so erhält man eine mehr als millionenfache Vermehrung der Pilze und ihrer Bestandtheile, also auch von Fett und Cellulose. — Das Eiweiss kann mit ähnlichem Erfolge durch eine andere Stickstoffkohlenstoffverbindung von einfacherer Zusammensetzung und neutraler Reaction (z. B. durch Asparagin, Leucin) ersetzt werden.

Da bei diesen Versuchen alle organischen Substanzen der Ernte bis auf die unendlich geringe Menge der anfänglichen Aussaat aus den Nährstoffen gebildet wurden, so ist auch alles Fett aus den Bestandtheilen des Eiweisses, Leucin's, Asparagin's entstanden.

Ganz die gleiche Schlussfolgerung gilt für eine Reihe von stickstofflosen Verbindungen, welche zugleich mit Ammoniak oder Salpetersäure als Nährstoffe angewendet werden. Zucker mit Ammoniak, ebenso weinsaures Ammoniak ist für sich allein zur Ernährung genügend, wenn die Aschenbestandtheile zugegen sind. Statt Zucker kann Mannit, Glycerin oder eine andere neutrale ternäre Kohlenstoffverbindung, statt Weinsäure kann Essigsäure, Salicylsäure oder eine andere organische Säure benutzt werden. In den meisten Fällen lässt sich ferner das Ammoniak als Stickstoffquelle durch Salpetersäure ersetzen. Bei geringer anfänglicher Aussaat erfolgt auch bei diesen Versuchen eine millionenfache Vermehrung der Vegetation. Die Pilzzellen entnehmen dem Ammoniak oder der Salpetersäure und einer der genannten Kohlenstoffverbindungen die Elemente für die Bildung der Albuminate und der Kohlenstoffverbindung die Elemente für die Bildung von Fett und Cellulose.

Wird statt des Ammoniaks oder der Salpetersäure Eiweiss (resp. Pepton) als Nahrung verwendet, so lässt sich die Entstehung von Fett und Cellulose aus Zucker oder Weinsäure u. s. w. dann nachweisen, wenn man von ersterem wenig, von der stickstofflosen Verbindung dagegen eine grössere Menge in die Nährlösung giebt. Die Analyse der Ernte ergiebt in diesem Falle, dass nur die Albuminate von dem Eiweiss der Nährlösung abgeleitet werden können und dass die Gesammtheit oder wenigstens ein grosser Theil des Fettes und der Cellulose von den Bestandtheilen des Zuckers oder der Weinsäure herstammen müssen.

Die angeführten Thatsachen beweisen unzweifelhaft, dass die Pilzzellen das Material für die Fettbildung aus den verschiedensten stickstoffhaltigen und stickstofflosen Verbindungen entnehmen können. Sie geben uns aber selbstverständlich keinen Aufschluss über den nächsten Ursprung des Fettes, da die Stoffumwandlungen in der Zelle uns verborgen bleiben, und wir daher nicht wissen können, ob und welche chemische Zwischenstufen zwischen dem aufgenommenen Nährstoff und dem Endprodukt bestehen. Es wäre einerseits möglich, aber nicht im geringsten wahrscheinlich, dass unmittelbar aus den Bestandtheilen jeder der verschiedenen Nährverbindungen die Synthese des Fettes vor sich ginge, aus Eiweiss, Asparagin, Leucin, Zucker, Weinsäure, Essigsäure, Salicylsäure u. s. w.

Es ist anderseits möglich, dass die Fettbildung immer der nämliche Vorgang ist und aus der gleichen chemischen Verbindung erfolgt. Man könnte beispielsweise vermuthen, der Zucker sei dieser Fettbildner, und dafür anführen, dass jedenfalls aus allen Nährstoffen Glycose gebildet wird, da sie in allen Pilzzellen als Material für die Membranbildung vorhanden sein muss, und wie die Analysen ergeben, thatsächlich immer in geringen Mengen vorhanden ist. In diesem Falle würde, bei ausschliesslicher Ernährung durch

Eiweiss (Pepton), der Zucker für die Fettbildung aus letzterem abgespalten.

Man könnte aber auch, und vielleicht mit grösserem Rechte, annehmen, die Eiweissbildung (Peptonbildung) müsse der Fettbildung vorausgehen. In diesem Falle würde also auch bei Ernährung mit Ammoniak und Zucker das Fett nicht aus dem Zucker sondern aus dem daraus erzeugten Pepton entstehen, und wenn eine plasmareiche Zelle, welche fast nur Zucker als Nahrung erhält, Fett bildet, so würde der Zucker nur mittelbar diesen Process begünstigen, insofern er mit dem bei der Fettbildung frei werdenden stickstoffreichen Rest des Eiweisses dasselbe wieder aufbauen hülfe. Es drängt sich überhaupt auch bei verschiedenen anderen pflanzenphysiologischen Vorgängen die Vorstellung auf, es möchte das complizirte Eiweissmolecül gleichsam das kleine chemische Laboratorium sein, welches manche Stoffumwandlungen zu Stande bringt, — eine Vorstellung, die, wenn sie richtig sein sollte, uns zwar das Räthsel nicht lösen würde, aber bei dem Versuche einer Lösung doch berücksichtigt werden müsste.

Mit Zucker und Eiweiss sind natürlich die Verbindungen nicht erschöpft, aus denen die Fettbildung abgeleitet werden kann. Möglicher Weise geht dem Fette die Entstehung einer Verbindung voraus, die überhaupt noch unbekannt, oder als Bestandtheil der lebenden Organismen noch nicht nachgewiesen ist. — Zur Entscheidung der Frage hat die organische Chemie den wichtigsten Beitrag zu leisten. Aber auch der Physiologie scheint eine nicht unwichtige Aufgabe zuzukommen. In letzterer Beziehung bot sich zunächst der Gedanke dar, auf experimentellem Wege zu entscheiden, ob die Ernährung mit der einen oder andern Verbindung die Fettbildung begünstige oder beeinträchtige. Wenn beispielsweise der Zucker den Ausgangspunkt für die Fettbildung darstellte, so könnte erwartet

werden, dass dieselbe bei zuckerreicher Nahrung reichlicher einträte. Wäre dagegen das Eiweiss der Fettbildner, so sollte Ernährung mit viel Eiweiss ein besseres Resultat geben als Ernährung mit wenig Eiweiss und viel Zucker.

Die Versuche haben diese Erwartung nicht erfüllt. Die chemische Beschaffenheit der Nährlösung scheint für die Fettbildung in den Pilzen fast ganz bedeutungslos zu sein, indem einerseits aus ganz ungleichen Nährstoffen gleiche Mengen von Fett, andrerseits aus gleichen Nährstoffen unter übrigens ungleichen Verhältnissen ungleiche Mengen davon erzeugt werden. Berücksichtigt man nur die eine Versuchsreihe, so möchte man den Zucker, berücksichtigt man nur eine andere Reihe, so möchte man das Eiweiss (Pepton) als vorzugsweise Fett erzeugend betrachten. Vergleicht man aber alle Thatsachen, so kommt man zur Ueberzeugung, dass physiologische Momente bei der Fettbildung die Hauptrolle spielen und die ungleiche Wirkung der Nährstoffe, wenn dieselbe, was nicht unwahrscheinlich, vorhanden ist, verwischen. Eine grosse Reihe von passend angestellten Versuchen müsste darüber wohl Auskunft geben.

Solche Versuche sind aber desswegen meistens resultatlos, weil die Vegetationsverhältnisse, welche auf die Erzeugung der Fette so grossen Einfluss ausüben, nicht mit Sicherheit ganz gleichartig hergestellt werden können. So erhält man beispielsweise in zwei vollkommen gleich zusammengesetzten, neben einander befindlichen Nährlösungen, auf welche in gleicher Weise Schimmelsporen ausgesäet werden, selten ganz gleiche Vegetationen, indem das Verhältniss der untergetauchten zu den schwimmenden Schimmelrasen verschieden ausfällt; und dieser Umstand allein bedingt einen ungleichen Prozentgehalt an Fett.

Es ist mir desswegen überhaupt wahrscheinlich, dass der Einfluss der chemischen Beschaffenheit der Nährstoffe auf die Fettbildung und namentlich die Frage, welche

Verbindung physiologisch derselben unmittelbar vorausgehe, nicht bei den Pilzen, die wegen ihres so energischen Chemismus fast aus jeder organischen Verbindung, wenn auch auf einem Umwege, das Material für diesen Process gewinnen können, noch überhaupt im Pflanzenreiche, sondern vielmehr im Thierreiche festzustellen ist, wo die chemische Action schwächer und die Möglichkeiten für die Erzeugung einer Verbindung beschränkter sind. Sollte es sich ergeben, dass bei höheren Thieren das Fett zunächst immer aus dem Eiweiss entsteht, so wäre dieser Vorgang auch für die niederen Thiergruppen und für das Pflanzenreich sehr wahrscheinlich.

Was die physiologischen Momente der Fettbildung betrifft, so möchte ich zunächst bemerken, dass dieselbe bei den niederen Pilzen gerade so wie bei den übrigen Pflanzen höchst wahrscheinlich bloss innerhalb der Zellen durch den gewöhnlichen Vegetationsprocess, und nicht durch Gärung (Fäulniss) vor sich geht. Die niederen Glieder der Fettsäurenreihe bis hinauf zur Capronsäure befinden sich zwar unter den Fäulnissprodukten, nicht aber die höheren Fettsäuren und die Fette. [1])

---

1) In neuester Zeit ist unter den Fäulnissprodukten des Fleisches Palmitinsäure und Oelsäure angegeben, jedoch nicht nachgewiesen worden, dass diese Verbindungen wirklich Erzeugnisse der Gärthätigkeit seien. Das Fleisch war zwar mit Aether so gut als möglich entfettet worden; da aber Bierhefe auf diesem Wege nicht fettfrei gemacht werden kann (vgl. Mittheilung vom 4. Mai 1878), so wäre es wohl möglich, dass die ganze Menge der gefundenen Fettsäuren (etwa 3 Proc. der trockenen Eiweisssubstanz) oder doch ein Theil derselben erst bei der Zersetzung des Fleisches durch die Fäulniss physikalisch frei gemacht und damit dem Aether zugänglich geworden wäre.

Ein anderer bei obiger Angabe, wie es scheint, unberücksichtigt gebliebener Punkt ist der, dass die faulende Flüssigkeit nicht bloss die Fäulnissprodukte sondern auch Fäulnisspilze und zwar in sehr grosser Menge enthält, dass beide sich mechanisch nicht trennen lassen und dass man sich daher immer die Frage vorzulegen hat, ob eine gefundene

Betreffend das physiologische Verhältniss des Fettbildungsprocesses zu der Gesammternährung lassen sich zur Zeit zwei Regeln aufstellen: 1) dass verhältnissmässig um so mehr Fett gebildet wird, je lebhafter das Wachsthum vor sich geht, dass also bei n facher Gesammtzunahme der Trockensubstanz in gleicher Zeit und übrigens gleichen Umständen die Vermehrung der

---

Verbindung aus dem Gärmaterial oder aus den Gärpilzen komme. In dem vorliegenden Falle konnte immerhin ein erheblicher Theil und unter günstigen Bedingungen für die Fettbildung sogar die ganze Menge der Fettsäuren in den Fäulnisspilzen enthalten sein. Wollte man alle in einer faulenden Flüssigkeit vorhandenen Verbindungen als Produkte des Fäulnissprocesses betrachten, so müsste man Albuminate und Cellulose unter den Fäulnissprodukten des Harnstoffes aufzählen. Es wäre dies ebenso unstatthaft, als wenn man ein Guanolager mitsammt den darauf sitzenden Vögeln der Analyse unterwürfe.

Dass höhere Fettsäuren durch faulige Gärung entstehen, ist zwar an und für sich nicht unmöglich, aber schon aus dem Grunde sehr unwahrscheinlich, weil alle bis jetzt bekannten Gärprodukte entweder flüchtig, oder in der Flüssigkeit, in der sie sich bilden, löslich sind. Die Bildung einer unlöslichen Verbindung und noch dazu von so zusammengesetzter Constitution durch die Bewegung des Gärvorganges dürfte in mechanischer Beziehung schwer zu erklären sein.

Wenn in dem Roquefort-Käse wirklich, wie es behauptet wird, beim Reifen das Casein sich vermindert und das Fett sich vermehrt, so kann dieser Vorgang nicht von einer Gärthätigkeit abgeleitet werden, welche in diesem Stadium aufgehört hat, sondern nur von der jetzt reichlichen Schimmelvegetation, welche das Casein als Nahrung verwendet und in ihren Zellen viel Fett anhäuft.

Unmittelbar aus Albuminaten scheint dagegen das Leichenfett (Adipocire) zu entstehen. Dasselbe ist zwar nicht eigentliches Fett, sondern besteht fast bloss aus festen Fettsäuren. Es muss wohl durch einen noch unbekannten chemischen Process gebildet werden, da es nur bei Ausschluss der Fäulniss auftritt und da an eine vorausgehende Schimmelvegetation ebenfalls nicht gedacht werden kann; denn diese würde eine vollständige Verbrennung bedingen, welche beim Roquefortkäse nur durch rechtzeitige Unterbrechung des Verschimmelungsprocesses verhütet wird.

Fettmenge mehr als den n fachen Betrag zeigt; 2) dass unter gleichen Umständen um so mehr Fett gebildet wird, je lebhafter die Respiration (Oxydation durch freien Sauerstoff) vor sich geht. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass dies in aller Strenge nur für jede einzelne Pilzform gilt und dass bei der Vergleichung verschiedener Formen ein neuer Factor, die spezifische Neigung zur Fettbildung, hinzukommt.

Man könnte geneigt sein, die beiden Regeln unter einen gemeinsamen Gesichtspunkt und in eine einzige Regel zusammenzufassen, weil die beiden physiologischen Momente meistens zusammentreffen und jeder Pilz um so lebhafter wächst, je mehr der freie Sauerstoff auf ihn einwirken kann. Dennoch scheint es mir vorsichtiger, sie vorläufig noch aus einander zu halten, bis durch weitere Versuche sich mehr Licht über die so complicirten Beziehungen der Ernährungsvorgänge verbreitet.

Was die Beziehung der Fettbildung zur Respiration betrifft, so tritt uns dieselbe im Allgemeinen bei einem Ueberblick über die niederen Pilze sehr deutlich entgegen. Die Schimmelpilze wachsen bloss bei Zutritt von freiem Sauerstoff und sind fettreich.. Die Bierhefe entwickelt sich bei sehr mangelhaftem Sauerstoffgenuss und ist fettarm; das Gleiche gilt für die Spaltpilze. Die an der Oberfläche der Nährflüssigkeit lebenden Schimmelpilze sind fettreicher als ihre eigenen untergetauchten Sprossformen. Zur Bildung der Sporen, welche viel Fett enthalten, ist freier Luftzutritt nothwendig. Die Sprosspilze bringen, wie bekannt, nur dann Sporen hervor, wenn sie, auf einem Substrat ausgebreitet, halb trocken liegen; selten fand ich sporentragende Sprosspilze, wenn dieselben als Häute auf den (gegorenen) Nährflüssigkeiten schwammen, wobei die obere (cuticularisirte) Seite trocken ist. Die Spaltpilze erzeugen, wie es scheint, ihre Sporen ebenfalls nie innerhalb einer Flüssigkeit, sondern nur in den oberflächlichen Decken, und zwar beobachtete

ich einige Male ganz bestimmt, dass in einer mehrschichtigen Decke bloss die Stäbchen und Fäden der obersten (unmittelbar an Luft grenzenden) Schicht sporentragend waren. In Flüssigkeiten lebende Schimmelpilze bilden nur an den in die Luft sich erhebenden Hyphen fettreiche Dauersporen.[2])

Warum die Pilze zur Erzeugung von Fett gerade Sauerstoff bedürfen, bleibt vorerst noch eine offene Frage. Es giebt noch andere Beispiele, wo die Umwandlung von sauerstoffreicheren in sauerstoffärmere Verbindungen in der organischen Welt nur unter der Einwirkung von Oxydation vor sich geht. So entsteht beim Cuticularisirungs- oder Verkorkungsprocess der Wachsüberzug an der Oberfläche der Pflanzengewebe aus Cellulose (Zucker) nur bei Luftzutritt. So ist ferner der freie Sauerstoff für die Ernährung der niederen Pilze gerade bei sauerstoffreichen Nährstoffen unentbehrlich.

Mit diesen in lebenden Organismen stattfindenden Processen können wir auch die ausserhalb derselben vor sich gehende Humification vergleichen, bei welcher Cellulose und andere Verbindungen nur unter dem Einflusse der Oxydation durch freien Sauerstoff in eine Reihe immer kohlenstoffreicherer Substanzen übergehen.

Mit Rücksicht auf die Rolle, welche die Oxydation beim Lebensprocess überhaupt spielt, möchten wir geneigt

---

2) In Nährflüssigkeiten, die mit einer Schicht von fettem Oel bedeckt waren, und in denen Penicillium spärlich wuchs, sah ich Schimmelfäden in die Oelschicht hinaufwachsen und daselbst schöne Sporenketten bilden, welche, beiläufig bemerkt, zwischen Objectträger und Deckglas vollkommen erhalten blieben, während dieselben sonst bei der Präparation für die mikroskopische Untersuchung gewöhnlich zerfallen. Die angeführte Erscheinung erklärt sich dadurch, dass das flüssige Fett ein schlechter Abschluss gegen Sauerstoff ist, welcher dasselbe ranzig macht und auch in die unterliegende Flüssigkeit eindringt; jedenfalls ist aber seine Wirkung an der Oberfläche der letzteren und in der Oelschicht selbst am intensivsten.

sein anzunehmen, dass sie auch bei der Fettbildung die für die chemische Umsetzung nothwendige Kraft liefere. Dies wäre unzweifelhaft, wenn das Fett und seine Nebenprodukte zusammen eine grössere Menge von gebundener Wärme enthielten, als das Material (Eiweis, Zucker), von dem sie abstammen; der Ueberschuss müsste dann von der nebenher gehenden Verbrennung erzeugt werden. Doch wissen wir darüber experimentell nichts, und dürfen selbstverständlich auch aus der hohen Verbrennungswärme des Fettes keinen Schluss ziehen.

Aber auch für den möglichen Fall, dass der Fettbildner eine grössere Menge von Spannkraft besitzen sollte als das aus demselben hervorgehende Fett sammt den übrigen Zersetzungsprodukten, bleibt jene Annahme noch immer wahrscheinlich. Wir müssen uns dann an die Analogie der Gärung erinnern, wo die Hefenzelle ebenfalls für den Zerfall jedes einzelnen Zuckermoleküls eine gewisse Kraft aufwenden muss, obgleich bei diesem Zerfall eine viel grössere Kraft frei und für physiologische Zwecke (nur nicht unmittelbar für den Gärprocess) verwendbar wird (vgl. Theorie der Gärung in den Abhandl. d. k. b. Akad. d. W. II. Cl. XIII. Bd. II. Abth.)

Die andere physiologische Beziehung der Fettbildung, nämlich zu der Intensität der Ernährung, wird uns besonders dann nahe gelegt, wenn wir die Ernten aus analog zusammengesetzten Nährflüssigkeiten von verchiedenem Concentrationsgrad mit einander vergleichen. Wir beobachten dann, dass in sehr armen Nährlösungen auch ein sehr fettarmer Schimmel wächst, und dass in reicheren Nährlösungen bis zu einem bestimmten Concentrationsgrad das Wachsthum lebhafter und der Procentgehalt an Fett grösser wird, sodass das Optimum für die Ernährung und für die Fettbildung zusammenzufallen scheinen.

Man möchte vielleicht für diese Erscheinung darin

eine Erklärung finden, dass die ersten Nährstoffmengen zur Bildung des Plasmas und der Zellmembran verwendet werden, und dass die ärmeren Nährlösungen zur Fettbildung nicht mehr ausreichen. Doch wird bei genauerer Ueberlegung sogleich deutlich, dass damit nichts erklärt wäre; denn man könnte ja mit Recht fragen, warum nicht 10 oder 15 Proc. Albuminate und Cellulose weniger und dafür Fett erzeugt werde, oder man könnte erwidern, dass die Pilzzelle in einer entsprechend längeren Zeit der armen Nährlösung so viel Stoffe zu entziehen vermöge, um sich ganz mit Fett anzufüllen. — Wir hätten aber eine ausreichende Erklärung, wenn wir annehmen dürften, was auch gar nicht unwahrscheinlich ist, dass die Pilzzelle ihre Vegetation in jeder Nährlösung nicht über eine bestimmte Zeit ausdehnen kann, und dass, wenn sie in dieser Zeit nicht ein gewisses Mass von Nährstoffen findet, die Involution beginnt, ehe die Ernährung ihre Stadien vollständig durchlaufen hat, wobei die Fettbildung als das letzte Produkt derselben die grösste Einbusse erleidet.

Wir können die Nährstoffe, die zu den Versuchen gedient haben, nach dem Grade der Fettbildung, den sie gestatten, in eine Reihe bringen, welche zugleich eine Skala für ihre Ernährungsfähigkeit darstellt. Es werden dabei möglichst gleiche Umstände vorausgesetzt, wozu auch die Ausschliessung der Gärthätigkeit gehört. Indem wir von den ungünstigsten zu den günstigsten Nährverbindungen fortschreiten, erhalten wir folgende Stufenreihe: 1) essigsaures Ammoniak, 2) weinsaures Ammoniak, bernsteinsaures Ammoniak, Asparagin (?), 3) Leucin, 4) Eiweiss (Pepton), 5) weinsaures Ammoniak und Zucker, 6) Leucin und Zucker, 7) Eiweiss (Pepton) und Zucker. Was Eiweiss und Pepton betrifft, so ist zu bemerken, dass letzteres allerdings besser, d. h. rascher ernährt, dass aber Eiweis in löslicher Form demselben wenig nachsteht, wenn der Pilz kräftig pepto-

nisirt, und dass nur das ungelöste Eiweiss sich entschieden ungünstig erweist, weil die Lösung durch die Fermente des Pilzes und die Vertheilung in der Nährflüssigkeit allzulangsam erfolgt.

Ich habe bereits bemerkt, dass lebhaftes Wachsthum und intensive Respiration meistens zusammentreffen. In solchen Fällen bleibt es zweifelhaft, ob man die reichlichere Fettbildung mehr der einen oder anderen Ursache zuschreiben soll. Ein bemerkenswerthes Beispiel geben uns die Versuche mit Bierhefe. Die natürliche Hefe, welche in der besten Nährlösung (Pepton und Zucker) bei niedriger Temperatur und spärlicher Respiration wächst, enthält nur 5 Proc. Fett. Kunsthefe, welche mit weinsaurem Ammoniak und Zucker im Brütkasten unter Durchleitung von Luft gezogen wurde, hatte bis 12½ Proc. Fett. Dass das weinsaure Ammoniak nicht etwa die Ursache der reichlicheren Fettbildung sein konnte, ergiebt sich aus anderen Versuchen, bei denen unter übrigens gleichen Umständen weinsaures Ammoniak sich ungünstiger verhält als Eiweiss, und weinsaures Ammoniak mit Zucker ungünstiger als Eiweiss mit Zucker. Der grössere Fettgehalt der Kunsthefe hängt damit zusammen, dass dieselbe trotz der ungünstigeren Nahrung wegen der höheren Temperatur, der vermehrten Respiration und der gesteigerten Gärung auch ein viel lebhafteres Wachsthum zeigte. In 24 Stunden wurden von einem Gramm Hefe (Trockengewicht) 40 Gramm Rohrzucker vergoren; es ist dies die lebhafteste bis jetzt beobachtete Vergärung von Zucker. In 64 Stunden vermehrte sich die Trockensubstanz der Hefe auf das 12fache; es ist dies ebenfalls die lebhafteste bis jetzt beobachtete Vermehrung.

Ich mache schliesslich noch einige Bemerkungen betreffend die Beurtheilung der Versuche überhaupt und auch der nachher beschriebenen.

Man ist im Allgemeinen geneigt, der chemischen Be-

schaffenheit der Nährstoffe einen viel grösseren Einfluss auf die Ernährung zuzuschreiben, als ihr wirklich zukommt. Diess gilt für die Pilze noch viel mehr als für alle anderen Organismen. Bezüglich der Fettbildung würde man einen Fehler begehen, wenn man aus irgend welchen einmaligen oder auch mehrmahligen Versuchen schliessen wollte, dass dieselbe durch eine bestimmte chemische Verbindung begünstigt werde. 'Man wäre dazu erst berechtigt, wenn auch alle übrigen inreren und äusseren Umstände gleich gesetzt, und einzig die chemische Beschaffenheit in den Versuchen verschieden wäre. Wir müssen in der Beurtheilung um so vorsichtiger sein, als die grosse Mehrzahl der sicheren Thatsachen uns beweist, dass die chemische Zusammensetzung der Nährsubstanzen gegenüber den anderen inneren u äusseren Umständen eine verschwindend kleine Wir kun ausübt.

Bezüglich dieser Umstände sind 4 Gruppen zu unterscheiden: 1) die specifische (systematische) Natur des Pilzes, 2) der biologische und Entwicklungszustand, in dem er sich befindet, 3) die Beschaffenheit der Umgebung, namentlich die Temperatur, der Feuchtigkeitszustand, der Zutritt von Sauerstoff, 4) die physiologischen Vorgänge der Ernährung, soweit dieselben von den aufgenommenen chemischen Verbindungen unabhängig sind. Wir haben somit für die Beurtheilung der Kulturresultate folgende 4 Regeln festzuhalten.

1) Nur Vegetationen der gleichen Species und Varietät von Pilzen dürfen mit einander verglichen werden. Eine weitere Bemerkung hiezu ist überflüssig.

2) Nur gleiche Zustände eines Pilzes dürfen mit einander verglichen werden, -- also beispielsweise nicht die Hyphenform und die Sprosshefenform eines Mucor, ferner nicht der vegetative und der reproduktive Zustand, nicht das Evolutions- und das Involutionsstadium eines Pilzes. Aus

diesem Grunde giebt es kaum zwei Versuche, die in aller Strenge einen Schluss auf die Wirkung der Nährstoffe bezüglich der Fettbildung gestatten, weil in jedem Versuch junge Zellen, ausgewachsene Zellen, altersschwache Zellen und abgestorbene Zellen, solche die keine Sporen bilden und solche, die sich in irgend einem Stadium der Sporenbildung befinden, mit einander gemengt sind und weil das Verhältniss der Gemengtheile jedes Mal ein anderes ist.

3. Nur wenn die äusseren Umstände, unter denen eine Kultur stattfindet, ganz dieselben sind, ist ein Vergleich gestattet. Es lassen sich nun zwar die Verhältnisse in verschiedenen Beziehungen ganz gleich machen, so bezüglich der Temperatur, ferner, wenn eine Nährlösung angewendet wird, bezüglich der Form und Grösse des Gefässes, der Oberfläche und der Tiefe der Flüssigkeit, bezüglich des Umschüttelns, — alles Dinge, die unter Umständen sehr wichtig sein können. Aber es giebt andere Beziehungen, in denen es ausser der Macht des Experimentators liegt, eine vollkommene Gleichheit herzustellen. Schon der Zutritt des Sauerstoffs kann nicht gleichartig geregelt werden, weil derselbe bei der nämlichen Vorrichtung durch den ungleichen Verbrauch bestimmt wird.

Noch viel grössere Störungen erfolgen durch die ungleiche räumliche Vertheilung der Pilze. Um dieselben möglichst zu beschränken, ist die Anwendung von Nährlösungen unbedingt geboten, weil die Diffussion, unterstützt durch periodisches Umschütteln, eine gleichmässige Vertheilung der Nährstoffe bewirkt. Aber auch in diesem günstigsten Falle sind immer Verschiedenheiten zwischen sonst zwei ganz gleichen Kulturen vorhanden und können selbst zu einer den Versuch ganz unbrauchbar machenden Grösse anwachsen, weil die Pilze theils an der Oberfläche der Flüssigkeit theils untergetaucht leben. Jene erhalten reichlicheren Sauerstoff, diese fast gar keinen. Die Ernährung

und auch die Fettbildung geschieht daher bei den einen und anderen in ungleicher Weise; die an der Oberfläche schwimmenden sind die fettreicheren. Da nun das Mengenverhältniss der oberflächlichen und untergetauchten Individuen nie übereinstimmt und oft sehr grosse Verschiedenheiten zeigt, so ist auch in dieser Beziehung die Möglichkeit des Vorhandenseins von Fehlerquellen bei der Beurtheilung der Versuche immer ins Auge zu fassen.

4. Nur wenn die physiologischen Processe in zwei Pilzvegetationen gleichartig verlaufen, darf auch die Fettbildung zu einer unmittelbaren Vergleichung benutzt werden. Diese physiologischen Vorgänge sind uns vorerst nur in ihrer allgemeinsten Form bekannt, bieten aber in dieser allgemeinen Form schon sehr grosse Verschiedenheiten dar.

Von dem Nährmaterial, das der Pilzzelle zur Verfügung steht, verwendet sie einen Theil zur Nahrung, einen anderen Theil verbrennt sie. Beide Mengen lassen sich quantitativ genau feststellen aus dem Gesammtverbrauch der Nährstoffmenge und aus der Zunahme der Pilzsubstanz. Das Verhältniss der beiden Processe übt einen Einfluss auf jeden einzelnen Vorgang des vitalen Chemismus und namentlich auch auf die Fettbildung aus. Wenn es in zwei Versuchen nicht gleich ausfällt, so liegt möglicher Weise abermals eine Fehlerquelle vor, welche die strenge Beurtheilung des Einflusses der chemischen Beschaffenheit der Nährstoffe auf die Fettbildung unsicher macht. Es hängt nämlich die Intensität der Oxydation nicht bloss von dieser chemischen Beschaffenheit ab, sondern auch von der Menge des zutretenden Sauerstoffs, ferner von dem Entwicklungsstadium der Zelle und von anderen noch unbekannten Eigenthümlichkeiten der morphologischen und physiologischen Verhältnisse.

Berücksichtigt man die 4 genannten Bedingungen, so ist leicht einzusehen, dass aus wenigen Versuchen kein Schluss auf die Wirkung der verschiedenen Nährstoffe be-

züglich der Fettbildung gezogen werden darf, und dass es nur durch zahlreiche Versuchsreihen möglich würde, die Fehlerquellen aufzudecken und die Fehler in den Schlussfolgerungen zu beseitigen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass eine Versuchsreihe (wie beispielsweise I unter den nachher aufgeführten), zum zweiten Mal in ganz gleicher Weise wiederholt, im Einzelnen andere Zahlen ergeben und die Resultate verwandter Nährlösungen vielleicht geradezu umkehren würde.

Um das Gesagte zu erläutern und thatsächlich zu belegen, mache ich auf einige Beispiele aufmerksam. In der Versuchsreihe I enthielt der in weinsauerem Ammoniak gewachsene Schimmel (a) 6,7 Proc. derjenige in bernsteinsaurem Ammoniak (c) 11,1 Proc. Fettsäuren. Bei einem gleichen Gesammtverbrauch gab letztere Nährlösung eine fast doppelt so grosse Ernte (nämlich 0,53 gegen 0,31 g.) und dem entsprechend einen fettreicheren Schimmel. Ob aber dieser Erfolg der chemischen Verbindung zuzuschreiben sei, ist aus sonstigen Beobachtungen sehr fraglich; wahrscheinlich rührte er von irgend einem anderen Umstande her.

In der Versuchsreihe II gaben 100 g. Nährlösung mit 1 Proc. weinsaurem Ammoniak und 1 Proc. Weinsäure (a) 0,108 g. Ernte und 8,08 Proc. Fettsäuren, — dagegen 100 g. Nährlösung mit 1 Proc. Pepton (d) 0,175 g. Ernte und 7,32 Proc. Fettsäuren. Man könnte daraus schliessen wollen, dass das Ammoniaksalz zwar auf die Ernährung überhaupt weniger günstig, dagegen gerade auf die Fettbildung günstig wirke. Auch bei einem andern Versuch war die Ernte des weinsauren Ammoniaks fettreich. Dass eine solche Schlussfolgerung aber unrichtig wäre, zeigt der Zusammenhalt mit folgenden Ergebnissen. Bei der Versuchsreihe I betrug die Ernte des mit 1 Proc. weinsaurem Ammoniak und 1 Proc. Weinsäure ernährten Schimmels (d) auf 100 g. Nährlösung

0,106 g. und der Gehalt an Fettsäuren 7,58 Proc., — die Ernte des in 1 proc. Eiweisslösung gewachsenen Schimmels dagegen (k) auf 100 g. Nährlösung 0,172 g. und der Gehalt an Fettsäuren 11,25 proc. Ferner ergaben 100 g. Nährflüssigkeit mit 1 proc. weinsaurem Ammoniak, 1 Proc. Weinsäure und 5 Proc. Rohrzucker (II, c) 0,767 g. Ernte mit 12,35 Proc. Fettsäuren, — dagegen 100 g. Nährflüssigkeit mit 1 Proc. Eiweis und nur 2 Proc. Rohrzucker (I, p) 0,597 g. Ernte mit 18.10 Proc. Fettsäuren (es war dies der höchste in den Versuchen erreichte Fettgehalt). Ich bemerke hiezu, dass Pepton und lösliches Eiweiss sich als Nährstoffe für Schimmel im Allgemeinen gleich verhalten.

Wir haben also bei den eben angeführten Versuchen bezüglich des Vergleiches von Weinsäure und Ammoniak mit löslichem Eiweiss (oder Pepton) drei sich widersprechende Ergebnisse. Ein Mal gibt Weinsäure und Ammoniak ein geringeres Erntegewicht und einen grösseren procentigen Fettgehalt, ein anderes Mal ein geringeres Erntegewicht und einen geringeren Fettgehalt und ein drittes Mal ein grösseres Erntegewicht und einen geringeren Procentgehalt an Fetten. Ohne Zweifel ist in dem zweiten Ergebniss (schwächere Ernährung mit geringerer Fettbildung) die Norm für diejenigen Fälle ausgesprochen, in denen die übrigen Umstände sich gleich verhalten.

In der Versuchsreihe III enthielten die 6 Lösungen bei gleichen und zwar geringen Mengen stickstoffhaltiger Nahrung ungleiche Mengen von Zucker. Da alle anderen Verhältnisse, so weit es in der Macht des Experimentators liegt, gleich waren, so sollte auch, mag der Zucker auf die Fettbildung irgend welchen Einfluss haben, eine seiner Menge entsprechende stätige Aenderung in den Resultaten gefunden werden. Dies war aber nicht der Fall; schon die Erntemenge zeigte die zu erwartende Progression nicht, indem ausnahmsweise die 1,0 procentige Zuckerlösung (c) weniger

Schimmel bildete als die 0,5 procentige (b) und ebenso die 10 procentige (c) weniger als die 5 procentige (d). Ebenso enthielt der vereinigte Schimmel der 0,1 und 0,5 proc. Zuckerlösung (a und b) 15,84 Proc. Fettsäuren, derjenige der 5 proc. Lösung (d) 14,36 und derjenige der 15 proc. Lösung (f) 23,13 Proc. Fettsäuren, während unter gleichen äusseren und inneren Umständen die 5 proc. Lösung nothwendig einen Schimmel mit mittlerem Fettgehalt erzeugen müsste.

Indessen hatten sich schon, während die Versuche dieser Reihe im Gange waren, Störungen, wenn auch nicht in dem Masse wie es wirklich der Fall war, voraus sehen lassen, indem in den Kolben c und e eine verhältnissmässig grössere Menge untergetauchter und eine kleinere Menge schwimmender Schimmelrasen sich befanden als in a, b, d und f. — Diese Versuchsreihe lehrt deutlich, wie vorsichtig man überhaupt bei der Beurtheilung von Pilzkulturen sein muss, und wie nöthig es ist, dass man sich jedes Mal die Frage stelle, ob ein bestimmtes Resultat wirklich von der chemischen Mischung der Nährlösung oder von irgend einer anderen Ursache bedingt wurde. In dem vorliegenden Falle ist es ja unzweifelhaft, dass bei gleichartigem Verlauf der Vegetation das Gewicht der Ernte und der procentige Fettgehalt von a bis zu f stätig hätten zunehmen müssen.

Die nachstehenden Versuche sind von Herrn Dr. O. Löw, Adjunct am pflanzenphysiologischen Institut, beschrieben.

I.

Es ist wohl eine längst beobachtete Thatsache, dass Schimmelvegetation sich auf den verschiedenartigsten organischen Substanzen zu entwickeln vermag, aber über das Verhältniss in welchem der Verbrauch an organischer Materie zu einer gegebenen Menge der gebildeten Pilzmasse steht, über die relativen Mengen, welche in einer gewissen

Zeit von einem Schimmelrasen von bestimmter Grösse verbrannt und über die Mengen Fett, welche aus verschiedenen Materien hiebei gebildet werden, ist noch nichts Näheres bekannt.

Um über diese Fragen Aufschluss zu erhalten, wurden folgende Versuchsreihen angestellt. Die mit Schimmelsporen besäten Nährlösungen enthielten 1 — 3 pC. verschiedener organischer Stoffe und von unorganischen Nährsalzen: 0,1 pC. Dikaliumphosphat, 0,032 pC. schwefelsaure Magnesia und 0,004 pC. Chlorcalcium.

Zur Verhinderung von störender Spaltpilz-Entwicklung diente ein Zusatz von Phosphorsäure und zwar erhielten die Nährlösungen mit weinsaurem und bernsteinsaurem Ammon je 1 pC., die übrigen 0,5 pC.; nur die aus Albumin mit Weinsäure, weinsaurem Ammon mit Weinsäure, und die aus essigsaurem Ammon mit Weinsäure bestehenden erhielten keinen Zusatz, da hier die freie Weinsäure den Spaltpilzen gegenüber hinreichende antiseptische Dienste that.

Die Kolben wurden mit Baumwollpfropf nur locker verschlossen, um Eintritt von Luft und Austritt gebildeter Kohlensäure zu gestatten und waren nur zur Hälfte mit der Nährlösung — von welcher stets 500 cc. angewendet wurden — gefüllt. Sie wurden von Zeit zu Zeit umgeschwenkt um neuem Schimmelrasen Platz zu geben und die obere durch die Schimmelentwicklung verdünnter gewordene Schichte der Nährlösung mit den unteren noch weniger angegriffenen Schichten gleichmässig zu mischen. Die Bewegungen der Schichten verschiedener Concentration machten sich dabei deutlich dem Auge bemerkbar.

Die Ernte wurde nach Ablauf mehrerer Wochen abfiltrirt und bei 100° getrocknet; vom Filtrat wurde behufs Bestimmung des Verbrauchs ein Theil verdunstet und ebenfalls bei 100° getrocknet. Bei der aus essigsaurem Ammon

bestehenden Nährlösung wurde die unverbrauchte Essigsäure in das Bariumsalz übergeführt und aus dem daraus erhaltenen Bariumsulfat die Essigsäure berechnet.

Da durch die Oxydationstüchtigkeit des Schimmels stets ein sehr erheblicher Antheil Kohlenstoff und Wasserstoff oxydirt wurde, der Stickstoff aber zum grössten Theile als Ammoniak in der Flüssigkeit verblieb, so musste die ursprünglich saure Reaction allmälig in eine neutrale übergehen und dieser Fall trat in der That häufig ein. Bei der Asparagin-Nährlösung war sogar die Reaction schwach alkalisch geworden. Wo die Reaction noch in mässigem Grade sauer war, wurde mit titrirter Natronlösung nahezu neutralisirt und am Trockengewicht die nöthige Correctur angebracht.

Da der Schimmel keine organischen Ausscheidungsprodukte liefert, die er nicht wieder verwenden könnte, und das aus stickstoffhaltigen Körpern vom Schimmel abgespaltene Ammoniak selbst wieder ein guter Baustoff ist, so lange eine verwendbare Kohlenstoff und Wasserstoff enthaltende Substanz anwesend ist, so konnte wohl ohne erheblichen Fehler das Trockengewicht des Filtrats nach Abzug der Nährsalze und Phosphorsäure als unverbrauchte organische Nährsubstanz angesehen werden.

Unter „Verbrauch" ist hier also die Menge der aus der Nährlösung verschwundenen Substanz verstanden, somit die Summe der Schimmelernte und der durch Oxydation in die Form von Kohlensäure und Wasser (mit einer kleinen Beimengung von Stickstoff) übergegangenen Materie.

Die Fettbestimmung in den Ernten geschah nach der früher erwähnten Methode, welche ich bei der Hefe anwandte [3]), nämlich durch Wägung der Fettsäuren (im

3) Sitzungsberichte der k. bayr. Academie der Wissenschaften. 4. Mai 1878.

Wesentlichen aus Oelsäure bestehend) nach vorausgegangener Zerstörung der Zellmembran mittelst Salzsäure.

Statt jeden Fall speciell zu beschreiben wurde der Uebersicht halber die beigefügte Tabelle hergestellt, aus welcher das Erntegewicht, der Verbrauch und Fettgehalt [4]) bei verschiedener Ernährung des Schimmelpilzes ersichtlich ist. Die Unterschiede, welche sich aus dem Vergleich zwischen der Menge verbrannter Materie — welche im Allgemeinen um so grösser ist, je sauerstoffreicher die Nährsubstanz bereits ist — und dem Erntegewicht in den verschiedenen Fällen ergeben, sind sehr in die Augen fallend und selbst in dem günstigsten Falle, nämlich der Ernährung mit Eiweiss und Zucker übertrifft die Menge der durch Oxydation verschwundenen Substanz das Gewicht des gebildeten Schimmels um das Doppelte.

Das Verhältniss der Schimmelernte zur verbrannten Substanz ist kein völlig unveränderliches, sondern schwankt zwischen gewissen Gränzwerthen, welche durch Concentration der Nährlösung, stärkeren oder geringeren Luftzutritt, Temperatur, Grad der Ansäuerung, Ruhe oder öfteres Bewegtwerden und andre Factoren bestimmt werden. Indessen dürfen unsere Zahlen — besonders da wo die Concentration der Nährlösung die gleiche war — wohl einen allgemeinen Vergleichswerth beanspruchen, da die wichtigeren Factoren (Temperatur, Luftzutritt) möglichst gleich hergestellt wurden.

---

4) Das Fett erwies sich stets von einer kleinen Menge Cholesterin begleitet. Es scheint als ob die Bildung beider Substanzen unter denselben Bedingungen zu Stande komme, nämlich durch Zusammentreten von bei der Oxydation übrig bleibenden Resten. Möglicherweise hängt auch im Thierkörper die Entstehung beider aus fettfreien Nahrungsmitteln aufs Innigste zusammen und vielleicht von einander ab. —

Tabelle über den Verbrauch und die Fettbildung des Schimmelpilzes. (Penicillium.)

Angewandte Nährlösung	Tage der Vegetations-zeit	Verbrauch in grm	Gesammt-Verbrauch in Procenten der ange-wendeten Nährsubstanz	Ernte in grm	Ernte in Procenten des Gesammt-Verbrauchs	Verbrannt, grm	Verhältniss des Ernte-gew. zur verbrannten Substanz	Fettsäuren in Procenten des Schimmels	Fettsäuren in Procenten des Total-Verbrauchs
a. Weinsaures Ammon 1%	56	2,82	56,4	0,308	10,9	2,51	1:8,2	6,67	0.727
b. Essigsaures Ammon 1,23%	17	1,96	31,8	0,284	14,5	1,68	1:5,8	nicht best.	—
c. Bernsteinsaures Ammon 1%	48	2,70	54,0	0,534	19,8	1,17	1:4,5	11,11	2,199
d. Weinsaures Ammon 1% und Weinsäure 1%	60	5,19	51,9	0,518	10,0	4,57	1:9,0	7,58	0,758
e. Essigsaures Ammon 0,6% und Weinsäure 1,2%	34	4,42	49,1	0,940	21,2	3,48	1:3,7	nicht best.	—
f. Zucker 4,8% und Salmiak 0,8%	34	7,40	26,4	1,496	20,2	5,91	1:4,0	6,69	1,351
g. Asparagin 1%	56	3,48	69,6	0,795	22,8	2,69	1:3,4	7,06	1,609
h. Leucin 1%	28	3,05	61,0	0,905	29,7	2,15	1:2,3	11,50	3,415
i. Leucin 3%	28	5,25	35,0	1,130	21,5	4,12	1:3,6	nicht best.	—
k. Albumin 1%	52	3,72	74,4	0,861	23,2	2,86	1:3,3	11,25	6,610
l. Albumin 1% u. Weinsäure 1%	52	4,58	45,8	1,124	24,5	3,46	1:3,1	12,22	2,994
m. Albumin 1% und Leucin 1%	48	2,20	22,0	0,563	25,6	1,64	1:2,9	14,92	3,819
n. Pepton 1% und Leucin 1%	55	4,54	44,5	1,101	24,9	3,35	1:3,0	14,83	3,693
o. Leucin 1% und Zucker 2%	51	11,52	76,8	2,873	24,9	8,65	1:3,0	17,66	4,397
p. Eiweiss 1% und Zucker 2%	52	9,08	60,5	2,984	32,8	6,10	1:2,0	18,10	5,937

II.

Bei einer andern, früheren Versuchsreihe wurden Weinsäure und Zucker mit Albumin und Pepton bezüglich der Fettbildung in dem darauf gewachsenen Schimmel verglichen. Die Versuche[5]) waren folgende:

a) 500 g. Wasser, 5 weinsaures Ammon, 5 Weinsäure,

b) 500 g. Wasser, 50 Rohrzucker, 0,5 Phosphorsäure, 5 salpetersaures Kali; nach mehreren Wochen wurden noch 2 g. Salpetersäure zugesetzt,

c) 300 g. Wasser, 15 Rohrzucker, 3 weinsaures Ammon, 3 Weinsäure,

d) 300 g. Wasser, 3 Pepton, 2 Phosphorsäure,

e) 300 g. Wasser, 3 Albumin, 2 Phosphorsäure,

f) wie e, aber statt des gelösten, wurde hier unlösliches Eiweiss verwendet.

Nach Ablauf von zwei Monaten wurde der gebildete Schimmel bei 100° getrocknet gewogen und der Gehalt an Fettsäuren bestimmt. Was Versuch c betrifft, so wurde eine Bestimmung der noch vorhandenen Weinsäure und des Zuckers angeführt, um festzustellen, von welchem Material n dieser Mischung mehr verbraucht wurde. Die Titration ergab, dass noch 0,80 g. Zucker vorhanden waren. Von Gärungs- und organischen Oxydationsprodukten wurde nichts vorgefunden, wenigstens wurde auf Ameisensäure, Oxalsäure, Essigsäure, Buttersäure und Milchsäure vergeblich geprüft. Durch Ausschütteln einer angesäuerten eingedampften Portion mit Aether wurde eine sehr geringe Menge einer öligen, in Wasser schwerlöslichen Substanz erhalten. Eine andere Probe des Filtrats zur Trockne ver-

5) Als Nährsalze dienten hiebei:
0,1 pC. Dikaliumphosphat,
0,016 pC. Magnesiumsulphat,
0,005 pC. Chlorcalcium,
0,017 pC. Ammonsulphat.

dunstet hinterliess beim Behandeln mit Wasser wenig einer bräunlichen unlöslich gewordenen N-haltigen Materie.

Bei Bestimmung der noch vorhandenen Weinsäure wurde ein Theil (1/4 des Filtrats) mit etwas Kalilösung behufs der Entfernung des Ammoniaks zur Trockne verdunstet, dann die wässrige Lösung mit Essigsäure genau neutralisirt und mit Chlorcalcium gefällt. Aus der erhaltenen Menge des bei 100° getrockneten weinsauren Kalks (0,242 g) berechnete sich, dass die angewandte Weinsäure bis auf 0,767 g. theils zum Aufbau der Vegetation gedient, theils zu Kohlensäure und Wasser verbrannt worden war. Vergleicht man diese Menge mit den ursprünglich vorhandenen 5,49 g. (3 g. als freie Säure und 2,49 g. im Ammontartrat) so ergiebt sich, dass von der Weinsäure noch 13,9 proc. vorhanden waren. Der Zucker aber war, obwohl anfangs in viel grösserer Menge vorhanden, bis auf 6 proc. verzehrt worden.

Was Versuch f betrifft, so hatte sich in Folge der nur äusserst langsam vor sich gehenden Peptonisirung des unlöslichen Eiweisses nach 2 Monaten nicht mehr als 0,2 g. Schimmel gebildet. Dieser erwies sich äusserst fettarm. Ungelöstes Eiweiss war noch vorhanden 2,1 g.

Die bei diesen Versuchen erhaltenen Resultate sind aus folgender Tabelle ersichtlich.

Nährstoffe	Erntegewicht	Procentgehalt an Fettsäuren
a. Weinsaures Ammoniak und Weinsäure . .	0,540	8,08
b. Zucker und Kaliumnitrat	1,448	7,12
c. Zucker, Weinsäure und Ammontatrat . . .	2,301	12,35
d. Pepton	0,524	7,32
e. Albumin (gelöst) . .	0,531	8,79
f. Albumin (unlösliches)	0,200	0,53

III.

Um über den Grad der Fettbildung bei geringem Stickstoff- und steigendem Zuckergehalte der Nährlösung Aufschluss zu erhalten, wurden 6 Nährlösungen à 1 Liter mit gleichem Stickstoff- und Nährgehalt aber steigenden Mengen Rohrzucker (1, 5, 10, 50, 100 und 150 g. auf 1 Liter) mit Schimmelsporen besät. Als Stickstoffquelle diente schwefelsaures Ammoniak und zwar 0,3 g. per Liter; die übrigen Nährsalze waren 2,0 g. Dicalciumphosphat 0,3 g. Schwefelsaure Magnesia und 0,1 g. Chlorcalcium. Ferner erhielt jede Flasche 0,9 g. Phosphorsäure zur Verhinderung der Spaltpilzentwicklung. Die nach 6 Wochen gewogenen Ernten bildeten keineswegs eine mit den Zuckermengen wachsende Reihe, sondern eine ziemlich unregelmässige; nämlich:

Procente Zucker in der Nährlösung	Erntegewicht
a) 0,1	0,210
b) 0,5	0,305
c) 1,0	0,230
d) 5,0	0,772
e) 10,0	2,700
f) 15,0	2,215

Bei c und e ergab sich also eine viel geringere Ernte, als der wachsende Zuckergehalt erwarten liess, was davon herrührte, dass die Vegetation in den verschiedenen Kolben einen ungleichen Verlauf nahm. Diese beiden Ernten wurden auch weiter nicht berücksichtigt.

Was das Verhältniss des Erntegewichts zum verbrannten Zucker betrifft, so betrug bei a jenes Gewicht 34,3 Proc. des Totalverbrauchs,[6]) bei f. aber nur 8,8 pC. Hier wurde also

6) Bei a wurde der Zuckergehalt durch Titration bestimmt, bei f durch Verdunstung von $^1/_{40}$ des Volums. Die Inversion des Rohrzuckers durch den Schimmelpilz geht verhältnissmässig sehr rasch vor sich. Eine 0,5 g Trockensubstanz entsprechende Menge Schimmelrasen invertirte bei gewöhnlicher Temperatur in 18 Stunden 0,3 g Rohrzucker (in einer 1procentigen Lösung.)

bei grösserer Concentraction auch mehr Substanz für die Einheit des Erntegewichts verbrannt.

Bei der Bestimmung der Fettsäuren wurden die Ernten a und b vereinigt, da sonst die einzelnen Mengen für eine genaue Bestimmung etwas zu gering gewesen wären. Die Resultate waren:

0,505 g.	(a+b)	gaben	0,080	Fettsäuren		15,84 pC.
0,710 g.	(d)	„	0,102	„	=	14,36 pC.
1,228 g.	(f)	„	0,284	„	=	23,13 pC.

Der an Fett reiche Schimmel f war auch verhältnissmässig reich an Cellulose, denn der Stickstoffgehalt betrug nur 2,55 pC., entsprechend 16 pC. Eiweiss. Wenn der Gehalt an Aschenbestandtheilen und „Extractivstoffen“ hoch angeschlagen wird, so muss die Cellulose hier noch an 50 pC. betragen haben.

IV.

Um das Verhalten des Schimmels nach völligem Verbrauch der Nährlösung kennen zu lernen, wurden 3 Kolben mit 500 cc. einer 1 procentigen Albuminlösung[7]) beschickt und die Untersuchung nach verschieden langen Perioden vorgenommen. Die Ernte betrug nach 52 Tagen bei der ersten Flasche 0,861 g.[8]) In der Flüssigkeit fanden sich noch circa 15 pC. des angewandten Albumins vor, welches in Pepton übergegangen war, ferner eine erhebliche Menge Ammoniak. Weder Harnstoff noch Harnsäure liessen sich nachweisen, dagegen schienen geringe Spuren von Xanthin vorhanden zu sein.

---

7) Das verwendete lösliche Hühnereiweiss wurde stets vor seiner Verwendung im feingepulverten Zustande mit Chloroform behandelt um es von Lecithin und Fett zu befreien.

8) Dieser Schimmel enthielt 7,57 pC. Stickstoff, während ein auf einer aus Zucker (5 pC.) und saurem Ammontartrat (6 pC.) bestehenden Nährlösung gezogener nur 5,51 pC. gab.

Der Inhalt der zweiten Flasche wurde nach 86 Tagen abfiltrirt, das Erntegewicht betrug 0,864 g und das Eiweiss, respective das daraus gebildete Pepton war nun so gut wie völlig aus der Lösung verschwunden.

Die dritte Flasche wurde 106 Tage nach der Aussaat geprüft. Das Erntegewicht betrug nur 0,708 g, woraus sich im Vergleich mit der zweiten Flasche eine Abnahme ergiebt, welche wahrscheinlich der bereits eingetretenen Involution zuzuschreiben ist. Eine Bildung von salpetriger oder Salpetersäure aus dem Ammoniak liess sich nicht nachweisen, ein Process, den nach Schlösing und Müntz manche Spaltpilzarten (wohl nur in neutraler oder alkalischer Flüssigkeit) zu Stande bringen. Es wäre möglich, dass die Schimmelpilze in geringem Maase die Fähigkeit der Nitritbildung auch besässen, dann aber würde in den sauren Lösungen die gebildete salpetrige Säure auf das Ammoniak unter Zersetzung einwirken. Vielleicht beruht auf diesem Vorgang die Oxydation des Ammoniaks zu Stickstoff und Wasser, welche in geringem Grade bei den Schimmelpilzen statt hat.

V.

Um die bei der Involution vor sich gehende Aenderung der Zusammensetzung des Schimmels genauer zu verfolgen, wurde frischer, auf einer aus Eiweiss (1 pC.) und Zucker (2 pC.) bestehenden Nährlösung gewachsener Schimmelrasen in kleine Stücke zerschnitten und $^3/_4$ der Masse in verdünnte Phosphorsäurelösung von 1 pC. Gehalt gelegt, während $^1/_4$ getrocknet und zur Analyse verwendet wurde; letztres wog 1,456 g. 0,982 g gaben 0,158 Fettsäure = 16,09%. Da diese Fettsäure im Wesentlichen Oelsäure ist, so berechnet sich hieraus = 18,50% neutrales Fett. — 0,474 g. gaben 0,228 Pt = 6,84% N.

Nach 4 Wochen war der der Involution überlassene Schimmel in eine lockere weisse Masse verwandelt, der

frühere compacte Rasen war in einzelne Fäden zerfallen und hatte nicht unerhebliche Mengen von Stoffen an die Flüssigkeit abgegeben, was aus der Bildung eines neuen Schimmelrasens an der Oberfläche hervorging. Dieser wurde abgenommen und vom alten Schimmel getrennt; letztrer abfiltrirt, gewaschen und getrocknet wog nur noch 0,7475 g

0,521 g gaben 0,229 Fettsäure = 43,9%, oder 50,54% neutrales Fett.

0,2265 g gaben 0,043 Pt = 2,69% N.

Es ergiebt sich also hieraus unter Verlust von Eiweiss eine starke Anhäufung von Fett. — Der Schimmel hatte 5/6 seines Gewichtes verloren und zeigte im Wesentlichen folgende Zusammensetzung:

	Vor der Involution	Nach der Involution
Albumin	42,7	16,5
Fett	18,5	50,5
Cellulose*)	38,8	33,0

*) incl. Extractiv- und Mineralstoffe.

Ueber die Bewegungen kleinster Körperchen.

In der Sitzung der math.-phys. Classe vom 3. Mai wurde von Herrn Geh.-Rath von Pettenkofer eine Mittheilung über Experimente gemacht, welche Herr Dr. Soyka im hygienischen Institut ausgeführt hatte, und durch welche bewiesen werden sollte, dass eine Luftströmung von der minimalen Geschwindigkeit von kaum mehr als 2 cm. in der Secunde Fäulnisspilze von einer faulen Flüssigkeit wegführe, — und daraus die Unrichtigkeit meiner Angaben über den nämlichen Gegenstand in der Schrift über die niederen Pilze gefolgert.

Ich habe in jener Schrift bekannte physikalische Thatsachen für eine Theorie bezüglich des Wegführens von Spaltpilzen, die auf einer mehr oder weniger feuchten Unterlage befindlich sind, in die Luft und bezüglich ihres weiteren Transportes benutzt. Die wenigen Versuche, die ich angestellt hatte, bestätigten vollkommen die theoretischen Forderungen, so dass ich es für überflüssig hielt, dieser Sache auf experimentellem Wege weiter nachzugehen. Der Widerspruch, der jetzt im Schosse der Akademie mit dem Anspruch exacter experimenteller Begründung erhoben wird, veranlasst mich, diese Frage in Betracht ihrer wissenschaftlichen und mehr noch ihrer hohen praktischen Wichtigkeit noch einmal aufzunehmen und die Ergebnisse gleichfalls der Akademie vorzulegen.

In der Schrift über die „Niedern Pilze“ habe ich die Theorie nur ganz kurz behandelt. Die mehr populäre Haltung des Werkes erlaubte keine tiefere wissenschaftliche Erörterung. Indem ich jetzt in diese Erörterung eintrete, will ich dieselbe nicht blos auf die Befriedigung eines bestimmten praktischen Zweckes beschränken, sondern ganz allgemein die Bewegungen kleinster Körperchen, die wir als Staub bezeichnen, zum Gegenstand meiner Betrachtungen machen und zwar in drei Beziehungen: Bewegungen in der Luft, Bewegungen im Wasser und Wegführen von einer nassen oder trockenen Unterlage in die Luft. Ich werde dabei allerdings meine besondere Aufmerksamkeit denjenigen Fragen zuwenden, deren Beantwortung für die Verbreitung der niederen Pilze (somit auch der Miasmen und Contagien) wichtig und entscheidend ist.

Zur Charakterisirung des zu besprechenden Objects bemerke ich im Voraus, dass ich, wie es bereits in den „Niederen Pilzen“ geschehen ist, von den in der Luft befindlichen Staubkörperchen nach ihrer Grösse drei Gruppen unterscheide:

1. Sichtbare (gröbere) Stäubchen, die man von blossem Auge einzeln bei jeder Beleuchtung sieht. Sie werden durch Winde von der Strasse oder durch den Kehrbesen vom Zimmerboden aufgewirbelt und fallen im Allgemeinen bei einigermassen ruhiger Luft sehr bald nieder.

2. Sonnenstäubchen, die man nur, wenn sie von einem Sonnenstrahl beleuchtet sind und sich auf einem matteren Hintergrunde abheben, deutlich sieht. Auch in der scheinbar ruhigen Luft eines geschlossenen Zimmers sinken die meisten nicht zu Boden.

3. Unsichtbare Stäubchen, die man auch in dem durch eine Ritze in ein dunkles Zimmer einfallenden Sonnenstrahl nicht sieht. Sie werden in ihrer Mehrzahl selbst von den schwächsten Luftströmungen und in der

ruhigsten uns in grösseren Räumen bekannten Luft schwebend erhalten. Hieher gehören z. B. alle Spaltpilze, ebenso die den Rauch zusammensetzenden Körperchen, ferner die Bläschen des ziemlich trockenen Nebels.

Von den in einer Flüssigkeit befindlichen Staubkörperchen können wir gleichfalls drei Gruppen unterscheiden, die jedoch mit den ebengenannten nicht zusammenfallen:

1. Nicht tanzende Körperchen. Sie bleiben wegen ihres grösseren Gewichtes in Ruhe, wenigstens für das mit dem Mikroskop bewaffnete Auge.

2. Tanzkörperchen. Sie zeigen unter dem Mikroskop die durch Molekularkräfte verursachte Tanzbewegung (Brown'sche „Molecularbewegung"), fallen aber durch ihr Gewicht doch bald auf den Grund.

3. Schwebekörperchen. Sie sind so klein und leicht, dass sie in einer ganz ruhigen Flüssigkeit durch die Molekularkräfte festgehalten werden und nicht zu Boden sinken. Man kennt bis jetzt nur sehr wenige Substanzen in dieser feinen und für das Mikroskop kaum noch wahrnehmbaren Vertheilung.

I. Bewegungen in der Luft.

Rücksichtlich dieser Bewegungen wissen wir, dass die Luft unserer Zimmer mit Staub erfüllt ist, welcher darin herumfliegt. Wir sehen diese Staubtheilchen gewöhnlich nicht; manche derselben werden uns aber in dem Sonnenstrahl, der in ein verdunkeltes Zimmer fällt, als „tanzende Sonnenstäubchen" sichtbar. Wir wissen, dass ein starker Wind den Staub in den Strassen aufwirbelt, dass der Aschenregen von Vulkanen sich über ganze Länder verbreitet, und dass der Passatstaub aus fernen Welttheilen durch Luftströmungen hergeführt wird.

Es gibt, ausser der allgemeinen Anziehung der Erde, die das Fallen bewirkt, und ausser der nur ausnahmsweise zur Geltung kommenden elektrischen Anziehung und Abstossung, blos zwei Ursachen, von welchen allenfalls die Bewegungen der Staubkörperchen in der Luft abgeleitet werden können, nämlich die Stösse der einzelnen Luftmolecüle und die Massenbewegungen (Strömungen) der Luft.

Seitdem die Vorstellung, dass die Molecüle der Gase mit grosser Geschwindigkeit durch einander fliegen, in der Physik Eingang und wegen ihrer unwiderleglichen Begründung allgemeine Zustimmung gefunden hat, liess sich auch die Vermuthung aufstellen, dass die „tanzende Bewegung" der Sonnenstäubchen durch den häufigen und in verschiedenen Richtungen wirkenden Anstoss der Gasmolecüle verursacht werde.[1]) Und man könnte selbst noch weiter gehen und vermuthen, dass die allerkleinsten Stäubchen, in dieser Weise wie elastische Bälle herumgeworfen, sich wie die Luftmolecüle selber verhielten und dauernd suspendirt erhalten blieben.

Man könnte zur Begründung des Letzteren anführen, dass die Gase von ungleichem Moleculargewicht sich gleichmässig in einem gegebenen Raume verbreiten und dass in der Atmosphäre bis auf jede zugängliche Höhe die Stickstoff- und Sauerstoffmolecüle in gleichem Verhältnisse gemengt sind, obgleich sie ungleiches Gewicht haben und von der Erde ungleich stark angezogen werden.

Allein die Beziehungen, welche zwischen den verschiedenartigen Gasmolecülen bestehen, können aus zwei Gründen nicht auf die Staubkörperchen ausgedehnt werden. auch wenn diese vollkommen elastisch wären.

Einmal hat das spezifische Gewicht bei den Gasmolecülen, wo es übrigens gar nicht bekannt ist, keine Be-

---

1) Naumann allgem. u. physikal. Chemie S. 11

deutung, wohl aber bei den Staubkörperchen. In der Luft verdrängen die Stickstoffmolecüle und die Sauerstoffmolecüle nicht einander, sondern den Aether, dessen Raum sie einnehmen, und da dieser so gut wie gewichtslos ist, so hat kein Molecül ein grösseres Bestreben zu fallen als die übrigen. Die Verbreitung der Gasmolecüle im Luftraume erfolgt also nur nach den mechanischen Bewegungsgesetzen, wobei die Molecüle von verschiedenem Gewicht eine ungleiche Geschwindigkeit annehmen, aber durchschnittlich die gleiche kinetische Energie besitzen. — Grössere Körperchen dagegen haben immer das Bestreben zu sinken, weil sie ein bestimmtes Luftvolum (eine grosse Zahl von Molecülen) verdrängen und von der Erde stärker angezogen werden als gleich grosse Luftmassen.

Der zweite Grund, warum die Bewegungen der Gasmolecüle nicht zu einem Schluss auf die Bewegungen der Staubkörperchen benutzt werden dürfen, ist der, weil die letzteren wegen ihres ungleich grösseren Gewichts einer ganz anderen Ordnung von Körpern angehören. Wegen dieses grösseren Gewichtes sind sie in der That mitten unter den hin und herfliegenden Luftmolecülen so gut wie in vollkommener Ruhe, und es kann auch von einem Tanzen oder Zittern der Sonnenstäubchen in Folge der Molecularstösse nicht wohl die Rede sein.

Diess lässt sich leicht durch eine Berechnung der Zahl und der Energie der Molecularstösse darthun, welche ein Körperchen von bestimmter Grösse unter bestimmten Verhältnissen in der Luft erfährt. Eine solche Berechnung hat einen sichern Boden, seitdem man, Dank der mechanischen Gastheorie, eine ziemlich genaue Vorstellung von dem Gewicht und der Geschwindigkeit der Gasmolecüle hat. Wenn auch die absoluten Werthe, die man nach dieser Theorie auf verschiedenen Wegen erhält, nicht vollkommen übereinstimmen, so weichen sie doch nur wenig von

einander ab, und was auch diejenigen, welche Angaben über moleculare Dinge nur mit Zweifeln aufzunehmen geneigt sind, beruhigen kann, ist der Umstand, dass andere physikalische Betrachtungen verschiedene Physiker auf eine absolute Grösse der Molecüle in festen und flüssigen Körpern geführt haben, welche der aus dem berechneten Gewicht der Gasmolecüle sich ergebenden Grösse ziemlich nahe kommt, — so dass es für die Vergleichung der Molecüle mit Körpern von wahrnehmbarer Grösse ganz gleichgültig ist, ob man der einen oder andern Angabe folge.

Nehmen wir an, dass in 1 cbcm. Gas bei 0° und bei einem Druck von 760 mm Quecksilber 21 Trillionen Molecüle enthalten seien, so hat das Sauerstoffmolecül ein Gewicht von 7- und das Stickstoffmolecül ein solches von 6 hunderttausendtrillionstel Gramm. Das erstere bewegt sich mit der durchschnittlichen Geschwindigkeit von 461 m., das letztere mit der Geschwindigkeit von 492 m. in der Secunde, so dass die kinetische Energie $\left(\frac{1}{2} m v^2\right)$ für das eine und andere im Mittel gleich gross ist.

Die Gasmolecüle verhalten sich bei ihren gegenseitigen Stössen wie vollkommen elastische Körper. Wenn sie an ein Staubkörperchen anprallen, so kann dieses entweder gleichfalls eine vollkommene Elastizität bewähren, oder aber nicht. Für den ersteren Fall lässt sich die Geschwindigkeit berechnen, welche das in Ruhe gedachte Körperchen durch den einzelnen Stoss erlangt, oder was das Nämliche ist, die Veränderung der ihm bereits eigenthümlichen Geschwindigkeit. Diese durch den Stoss erlangte Beschleunigung ist $\frac{2 . a . v}{a + b}$, wenn a das Gewicht des anstossenden Luftmolecüls, v seine Geschwindigkeit und b das Gewicht des Körperchens ist.

Betrachten wir zuerst die leichtesten Stäubchen, von deren Existenz wir Kenntniss haben. Es sind die kleinsten Spaltpilze (Micrococcus), welche mit Wasser imbibirt nicht mehr als 0,5 mik. (0,0005 mm) gross sind und sich mit den besten Vergrösserungen eben noch deutlich wahrnehmen lassen. Im trockenen Staubzustande, wie sie in der Luft herumfliegen, hat sich ihr Durchmesser auf die Hälfte verkleinert und das Gewicht beträgt 1 fünfzigbillionstel Gramm. Ein solches Stäubchen ist also 300 Millionen mal schwerer als ein Sauerstoff- oder Stickstoffmolecül, und die Geschwindigkeit, welche ihm durch den Stoss eines der letzteren ertheilt wird, beträgt kaum 0,002 mm in der Secunde, erreicht also noch nicht die Geschwindigkeit des Stundenzeigers einer Taschenuhr.

Die grösseren in der Luft befindlichen Körperchen erfahren durch den Stoss eines Luftmolecüls entsprechend geringere Veränderungen in ihren Bewegungen. Für einen Spaltpilz von 1 billionstel Gramm Gewicht, wie er am häufigsten in der Luft vorkommt, beträgt die Beschleunigung 0,00003 mm, für ein grösseres Weizenstärkekorn (Gewicht 0,000015 mg) 0,000000'004 mm, für ein mittleres Kartoffelstärkekorn (Gewicht 0,0001 mg) 0,000000'0006 mm und für ein gewöhnliches Sonnenstäubchen, dessen Gewicht etwa 0,001 mg ausmacht, sinkt die durch einen Molecularstoss erlangte Beschleunigung auf 0,000000'00006 mm in der Secunde, ist also 50 Millionen mal langsamer als die Bewegung des Stundenzeigers einer Taschenuhr.

In Wirklichkeit müssen die Beschleunigungen noch geringer sein, als soeben angegeben wurde, theils weil der Luftwiderstand, den die sich bewegenden Stäubchen zu überwinden haben, vernachlässigt, theils weil vollkommene Elastizität der Stäubchen angenommen wurde, während es wohl unzweifelhaft ist, dass ein Theil der lebendigen Kraft des Stosses für innere Arbeit verwendet wird.

Nun wird zwar ein Staubkörperchen zu gleicher Zeit nicht bloss von einem, sondern von einer Unzahl von Molecularstössen getroffen. Aber selbst viele Millionen gleichzeitig in der nämlichen Richtung erfolgende Stösse würden an einem Sonnenstäubchen noch keine sichtbare Bewegung hervorbringen. Ueberdem prallen die Luftmolecüle von allen Richtungen her an und heben sich in ihrer Wirkung um so vollständiger auf, je grösser ihre Zahl ist. Ein kugeliges Stäubchen von 0,001 mm Durchmesser, das also zu den kleineren gehört und lange nicht so gross ist, um als Sonnenstäubchen gesehen zu werden, wird in der Secunde etwa von 1 Billion Luftmolecülen angestossen.[1]) Ein wirkliches Sonnenstäubchen aber erfährt eine noch viel grössere Zahl von Stössen.

1) Die Rechnung kann in verschiedener Weise ausgeführt werden, wobei die Annahme, dass die Luftmolecüle einen Raum geradlinig durchlaufen, das nämliche Resultat gibt, wie wenn man, der Wirklichkeit entsprechend, jede Bewegungsrichtung in Folge der zahlreichen Zusammenstösse aus vielen kleinen Bewegungsstücken sich zusammengesetzt denkt. Einmal kann man von den in einem kugeligen Luftraume von 0,001 mm Durchmesser enthaltenen Molecülen ausgehen, deren Zahl 11 Millionen beträgt, welche in dem angegebenen Raume einen mittleren Weg von 0,000523 mm zurücklegen und die in 1 Secunde in Folge ihrer mittleren Geschwindigkeit von 485 m, 930 Millionen mal mit anderen abwechseln. Die Zahl der während 1 Secunde durch einen Luftraum hindurchgehenden Molecüle giebt die Zahl der Molecularstösse auf einen soliden Körper von gleicher Grösse und Gestalt an: in diesem Falle 930 Millionen mal 11 Millionen oder 10000 Billionen. — Wenn man sich den kleinen Raum von 0,001 mm Durchmesser als Hohlkugel denkt, so drückt die angegebene Zahl die während 1 Secunde auf die innere Wandung erfolgenden Molecularstösse aus, welche selbstverständlich den von aussen anprallenden Stössen, denen sie das Gegengewicht halten, an Zahl gleichkommen.

Man kann anderseits von einem beliebig grossen Luftraum, z. B. von einer Hohlkugel von 1 m Durchmesser, in welcher sich an irgend einer beliebigen Stelle das Staubkörperchen befindet, ausgehen. In dieser Hohlkugel sind 11 Quadrillionen Molecüle enthalten, von denen jedes

Die Bewegung, welche einem Sonnenstäubchen und überhaupt einem in der Luft befindlichen Staubkörperchen durch den Stoss eines einzelnen Gasmolecüls oder einer Vielzahl solcher Molecüle ertheilt wird, ist also so äusserst gering, und die Zahl der von allen Seiten gleichzeitig erfolgenden und sich gegenseitig aufhebenden Stösse ist so ausserordentlich gross, dass das Körperchen sich gerade so verhält, als ob es gar nicht angestossen würde. Es befindet sich daher in vollkommener Ruhe, soweit es nicht von Luftströmungen umhergeführt und durch sein Gewicht niedergezogen wird. In der That beobachtet man an den Sonnenstäubchen nichts von einer zitternden oder hüpfenden Bewegung wie etwa an den in Flüssigkeiten tanzenden Körperchen, sondern sie gleiten je nach den Luftströmungen langsamer und schneller neben und durcheinander. Und wenn zahlreiche Sonnenstäubchen etwa ein Flimmern und dadurch den Anschein einer hüpfenden Bewegung zeigen, so geschieht es, weil in Folge der Lageveränderungen bald das eine, bald das andere von dem Sonnenstrahl getroffen wird, aufblitzt und sich wieder unsichtbar macht.

Wenn die Bewegungen der Staubkörperchen in der Luft allein durch die Luftströmungen verursacht werden, so hängt Alles von der Frage ab: Wodurch werden sie schwebend erhalten? Aus der Beantwortung ergibt sich

---

während 1 Secunde durchschnittlich $\frac{485}{0{,}523}$ oder 930 Mal durch den Raum geht und somit möglicher Weise das Körperchen antrifft. Alle Molecüle zusammen machen 10000 Quadrillionen solcher Excursionen. Der grösste Querschnitt des Staubkörperchens nimmt den billionsten Theil des grössten Querschnitts der Hohlkugel ein. Von allen Luftmolecülen, die parallel einer bestimmten Richtung gehen, trifft also der billionste Theil das Körperchen, und im gleichen Verhältniss wird dasselbe auf allen Seiten von der Gesammtzahl der Excursionen aller Molecüle getroffen, nämlich von 10000 Billionen im Laufe einer Secunde.

dann sogleich auch, unter welchen Umständen sie steigen, sinken und seitliche Bewegungen ausführen.

Bleibt ein in der Luft befindliches Körperchen schwebend in gleichem Abstande von der Erde, so ist dies nur möglich, wenn eine aufsteigende Luftbewegung seiner Fallbewegung gerade das Gleichgewicht hält. Die erforderliche Geschwindigkeit dieser Luftströmung lässt sich nun für jeden Körper von bestimmter Grösse, Gestalt und specifischem Gewicht berechnen.

Wir können als Analogie uns an ein Gefäss mit Wasser erinnern, dessen Ausflussöffnung nach oben gerichtet ist. Der daraus hervorspringende Flüssigkeitsstrahl erhebt sich beinahe zum Wasserspiegel im Gefäss; die Differenz in der Höhe kommt auf Rechnung der Reibung und des zurückfallenden Wassers. Die Ausflussgeschwindigkeit entspricht der Höhe der Flüssigkeitssäule vom Spiegel bis zum Ausflusse und ist die nämliche, wie wenn ein schwerer Körper durch diese Höhe frei gefallen wäre, also

$$v = \sqrt{2\,g\,h}.$$

Diese Geschwindigkeit des ausfliessenden Wassers hält das Gleichgewicht einer Wassersäule von gleichem Querschnitt und der Höhe h, und ist selbstverständlich auch im Stande, irgend einen anderen Körper von dem nämlichen Gewichte zu tragen.

Der aufsteigende Luftstrom verhält sich rücksichtlich der Tragkraft wie der Wasserstrom, mit dem Unterschiede, dass die Luft bei der Temperatur 0 und dem Druck einer Atmosphäre 770 mal weniger Masse enthält als das Wasser und somit bloss ein 770 mal geringeres Gewicht zu tragen vermag.

Für den Fall, dass der zu tragende Körper ein anderes spezifisches Gewicht hat, als die strömende Flüssigkeit, gilt

die Formel $v = \sqrt{\frac{2 g h \gamma_1}{\gamma}}$, worin g der Coeffizient der Beschleunigung, h der mittlere verticale Durchmesser des Körpers, γ_1 sein spezifisches Gewicht und γ das spezifische Gewicht der Flüssigkeit ist. Ist h, γ_1 und γ bekannt, so berechnet sich daraus die Geschwindigkeit v. Ist die letztere gegeben, so kann daraus h gefunden werden:

$$h = \frac{\gamma v^2}{2 g \gamma_1}.$$

Das spezifische Gewicht (γ_1) lufttrockener organischer Körper ohne grössere Poren ist im Allgemeinen 1,5. Insofern dieselben durch einen Luftstrom getragen werden sollen, hat man $v = \sqrt{\frac{2 . 9{,}81 . h . 1{,}5}{0{,}0013}}$ oder

$$v = 150{,}46 \sqrt{h}$$

und $h = 22638 . v^2$, worin v und h in Metern ausgedrückt sind.

Hiezu ist zu bemerken, dass v die Geschwindigkeit des senkrecht aufsteigenden Luftstromes oder die senkrecht aufsteigende Componente der Geschwindigkeit eines schiefen Luftstromes ist bei einer Temperatur von 0° und einem Barometerstand von 760 mm Quecksilber. h drückt die durchschnittliche verticale Höhe des getragenen Körpers aus. Die Grösse seiner horizontalen Querschnittsfläche kommt im Allgemeinen nicht in Betracht, da sie kleiner gedacht ist als der Querschnitt des Luftstromes. Sie hat nur insofern Bedeutung als ein breiterer Körper der Luft einen etwas grösseren Widerstand darbietet als ein schmälerer, sonst aber gleicher Körper, da an den Rändern die Tragkraft derselben nicht voll ausgenützt wird; ein horizontales Brett wird von der Luft etwas leichter getragen, als ein von diesem Brett abgeschnittenes kleines Stück. Aus dem gleichen Grunde hat auch die Gestalt des Querschnitts

etwelchen Einfluss; ein schmales Rechteck wird weniger leicht getragen als ein Quadrat von gleichem Flächeninhalte. Dies gilt für grössere Körper; für mikroskopische Körperchen kehrt sich, wie ich zeigen werde, das Verhältniss um, weil bei ihnen ein neuer Factor zur Geltung kommt.

Ausser der Gestalt des horizontalen Querschnittes ist auch die Gestaltung der abwärts gerichteten (dem Luftstrome ausgesetzten) Oberfläche des getragenen Körpers von Bedeutung für das Resultat, indem der Druck der Luft um so geringer ausfällt, je mehr sich diese Oberfläche zur Pyramiden- und Kegelform erhebt, und um so grösser, je mehr sie zur ebenen oder gar zur concaven Fläche zurücksinkt. In gleichem Sinne, nur in geringerem Masse, wirkt die Gestaltung der aufwärts (dem Strome abgekehrten) Oberfläche.

Endlich übt auch die Geschwindigkeit des aufsteigenden Luftstromes, welcher zum Tragen des Körpers erforderlich ist, einen modificirenden Einfluss aus. Während bei langsamen Strömungen die mechanische Kraft dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional ist, erreicht sie bei grösserer Geschwindigkeit einen höheren Werth wegen der Luftverdichtung vor und der Luftverdünnung hinter dem Körper.

Wenn ein Körper in der Luft fällt, so nimmt die Fallgeschwindigkeit im Anfange stetig zu. Nach längerer oder kürzerer Zeit wird sie constant, — nämlich sobald sie so gross geworden, dass der Luftwiderstand der Beschleunigung das Gleichgewicht hält. Dieser Zustand tritt natürlich um so schneller ein, je geringer das spezifische Gewicht und der verticale Durchmesser des fallenden Körpers ist.

Die constante Geschwindigkeit, die ein Körper beim Fallen in ruhiger Luft erlangt, ist genau diejenige, die

ein aufsteigender Luftstrom annehmen muss, um diesen Körper schwebend zu erhalten. Also gelten auch hier die allgemeinen Formeln $v = \sqrt{2 g h}$ und $v = \sqrt{\frac{2 g h \gamma_1}{\gamma}}$, und für den Fall, dass das spezifische Gewicht des Körpers = 1,5 ist, die Formel $v = 150{,}46 \sqrt{h}$.[1])

Die verschiedenen Umstände, welche das Getragenwerden eines Körpers durch einen aufsteigenden Luftstrom modifiziren, machen sich ganz in der nämlichen Weise beim Constantwerden des Fallens geltend. Es sind die Grösse und die Gestalt des horizontalen Querschnitts, die Modellirung der abwärts und der aufwärts gekehrten Oberfläche und die absolute Geschwindigkeit des Falles.

Man kann sich leicht von der Richtigkeit des Gesagten überzeugen, indem man entweder leichte Körper durch einen künstlichen aufsteigenden Luftstrom von bekannter Geschwindigkeit schwebend erhält, oder was eher auszuführen ist, indem man sie in ruhiger Luft fallen lässt und die sehr bald erreichte Fallgeschwindigkeit bestimmt. Man kann sich dabei flacher Körper bedienen: dünner Papierblätter, sehr dünner Metallblättchen u. dgl., welche während des Falles ihre horizontale Lage behalten müssen. Da die Dicke und oft auch das spezifische Gewicht dieser Körper nicht genau zu ermitteln sind, so wird durch Wägen eines

1) Die Identität der constanten Geschwindigkeit eines fallenden Körpers in ruhiger Luft mit der Geschwindigkeit des aufsteigenden Luftstroms, die dem in Ruhe befindlichen Körper das Gleichgewicht hält, ergiebt sich schon aus der Erwägung, dass die Geschwindigkeit, die wir einem Körper im Vergleich mit einem anderen zuschreiben, nur die Differenz der Geschwindigkeiten beider ist, und dass es für alle mechanischen Betrachtungen auf das Gleiche herauskommt, ob man den einen oder den andern in absoluter Ruhe verweilen oder ob man beide sich bewegen lässt, wenn nur der Unterschied in der Bewegung der nämliche bleibt.

grössern Blattes das Gewicht der Flächeneinheit bestimmt und daraus die Dicke einer Wasserschicht von gleichem Gewicht (h,) berechnet. Man erhält dann die Formel $v = \sqrt{\frac{2\,g\,h_{,}}{s}}$, worin s das spezifische Gewicht der Luft verglichen mit Wasser bedeutet; also $v = \sqrt{\frac{2 \cdot 9{,}81\,h_{,}}{0{,}0013}}$ oder

$$v = 122{,}85 \sqrt{h_{,}},$$

indem für v und h, der Werth in Metern einzusetzen ist.[1])

Die Schwierigkeit bei solchen Versuchen besteht darin, dass die dünnen Blätter beim Fallen bald ins Schwanken gerathen und schiefe Lagen annehmen. Am besten gelingt der Versuch bei Goldschlägerhaut, welche wegen ihrer ausserordentlichen Dünnheit sehr schnell die constante Fallgeschwindigkeit erlangt. Die meisten Papierblätter gestatten die Beobachtung bloss von dem Beginne des Fallens bis kurze Zeit, nachdem die Geschwindigkeit constant geworden ist. Die mittlere Geschwindigkeit während dieser Beobachtungszeit ist denn auch geringer als die berechnete Fallgeschwindigkeit und beträgt 0,6 bis 0,7 der letztern.[2])

Indessen würde die constante Fallgeschwindigkeit horizontaler ebener Papierblätter, wenn sie beobachtet werden könnte, immer langsamer sein als es die Rechnung ver-

---

1) Oder $v = 1228{,}5 \sqrt{h_{,}}$, wenn v und h, in cm ausgedrückt sind.

2) Ein Goldblättchen, von welchem 1 qcm 0,000153 g wiegt, fällt in den ersten paar Secunden durchschnittlich 14 cm in der Secunde, wobei es aber im Anfange wohl noch nicht die volle Geschwindigkeit besitzt. Die Rechnung verlangt 15,2 cm.

Ein Blatt Papier, welches auf 1 qcm ein Gewicht von 0,00247 g hat, fällt vom Beginn des Fallens an 1 m in 2,5 Secunden, also 40 cm in der Secunde, während die berechnete Geschwindigkeit 61,05 cm beträgt.

langt. Diess zeigt sich aus Versuchen mit dünnen Korkplatten (welche auf 1 qcm 0,065 g wiegen); dieselben fallen ziemlich regelmässig und legen in der Secunde etwa 5/6 des berechneten Raumes zurück. Diese langsamere Bewegung rührt offenbar von der comprimirten Luft unter der fallenden Platte her, indem die Rechnung die gewöhnliche Dichtigkeit der Luft voraussetzt. — Auch feine dichte Drahtnetze (welche auf 1 qcm ein Gewicht von 0,065 g besitzen) sind für solche Fallversuche brauchbar. Die Geschwindigkeit scheint ziemlich die nämliche zu sein wie bei den Korkplatten.

Man kann einem Blatt Papier eine sehr gleichmässige Fallbewegung geben, wenn man in der Mitte desselben einen schweren Körper (z. B. einen Metallnagel) befestigt. In Folge dessen fällt es schneller und nimmt eine schwach nach aufwärts gebogene Gestalt an. Durch Letzteres wird der grössere Widerstand der verdichteten Luft compensirt und die Fallgeschwindigkeit stimmt oft genau mit der Rechnung.[1])

Für solche Fallversuche eignen sich indess noch besser Körper von kugeliger Gestalt und sehr geringem Gewicht, weil dieselben in ruhiger Luft stets ihre gleichmässige Fallgeschwindigkeit beibehalten. Ich bediente mich eines Gasballons, wie er als Kinderspielzeug verkauft wird. Derselbe hatte einen Durchmesser von 15,8 cm und wurde durch Anhängen von 0,45 g auf das Gewicht der Luft gebracht, so dass er frei schwebte ohne zu steigen oder zu fallen. Nun wurde er nach und nach mit verschiedenen Gewichten belastet (nämlich mit 0,1 g, 0,2 g und so weiter bis 3,55 und 4,55 g) und fallen gelassen. Das geringste Gewicht (0,1 g) und das grösste (4,55 g) gaben unsichere

1) Ein Blatt Schreibpapier von 350,2 qcm Flächeninhalt wog sammt dem daran befestigten Nagel 6,15 g, was 0,0175 g auf 1 qcm ausmacht. Die berechnete und die beobachtete constante Fallgeschwindigkeit betrug 1,61 m in der Secunde.

Beobachtungen, jenes, weil schon die schwächsten Luftströmungen das Fallen beschleunigten oder verzögerten, dieses, weil die Fallgeschwindigkeit zu gross war. Die übrigen Beobachtungen dagegen zeigten bei wiederholten Versuchen innerhalb enger Grenzen constant bleibende Fallgeschwindigkeiten, welche wie bei den flachen Körpern aus den Zeiten, die das Fallen durch 1, 2 und 3 Meter Höhe erforderte, sich ermitteln liessen. Die Differenzen zwischen den Fallzeiten von 1 zu 2 und von 2 zu 3 m Fallhöhe waren gleich gross, indem nach dem 1. m Fallhöhe die constante Geschwindigkeit erreicht war.

Diese constante Fallgeschwindigkeit war bei allen 9 Versuchen grösser als die berechnete, und zwar im Mittel um 25 Proc., indem in einer bestimmten Zeit 125, statt der berechneten 100 Längeneinheiten zurückgelegt wurden. Der Unterschied ist ohne Zweifel aus dem Umstande zu erklären, dass wegen der kugeligen Gestalt des Ballons nicht der dem Querschnitte entsprechende volle Luftwiderstand ausgenützt wurde.

Es hat demnach keine Schwierigkeit, für grössere Körper die constante Fallgeschwindigkeit in ruhiger Luft und die mit ihr identische Geschwindigkeit eines vertical aufsteigenden Luftstroms, welcher die Körper schwebend erhält, annähernd zu bestimmen. Nun ist die Frage, in wiefern diese Bestimmung auch für Körper von kleinster Dimension gilt. Wenn kein weiterer Unterschied als der in der Grösse bestände, so wäre die nämliche Berechnung auch für alle Staubkörperchen anwendbar, und würde nur insofern modifizirt, als mit der Verkleinerung des horizontalen Querschnittes eine grössere Einbusse in der Wirkung des Luftwiderstandes einträte und daher in der Formel $v = 122{,}85 \sqrt{h}$, die Geschwindigkeit v im Verhältniss zu der Grösse h, sich etwas steigerte.

Es ist jedoch ein Umstand vorhanden, welcher mit dem Kleinerwerden der Körperchen früher oder später für das Schweben und Fallen derselben in der Luft wirksam werden muss. Bekanntlich wird die Oberfläche fester Körper von einer Schicht verdichteter Luft überzogen, welche durch Reiben und Erhitzen weggenommen und durch Flüssigkeiten verdrängt werden kann. Ihre Mächtigkeit sowie ihre übrigen Eigenschaften sind noch unbekannt. Wir wissen nur, dass die verdichtete Luftschicht durch Molecularanziehung zu Stande kommt, dass sie demnach eine viel grössere Dichtigkeit und eine viel geringere Beweglichkeit haben muss als die freie Luft. Der Theil derselben, welcher zunächst der Oberfläche sich befindet, mag selbst nahezu unbeweglich sein.

Ein kleinstes Körperchen, das mit seiner verdichteten Lufthülle in der Luft schwebt, ist dem mit seiner Atmosphäre im Aetherraume befindlichen Erdball ähnlich.

Die verdichtete Lufthülle vergrössert wegen ihrer geringen Verschiebbarkeit gleichsam das Volumen eines Körperchens, ohne sein absolutes Gewicht merklich zu erhöhen. Sie hat die Bedeutung eines Fallschirms oder eines Segels, indem sie den für mechanische Aktion wirksamen Querschnitt erweitert.

Dieser oberflächliche Luftmantel kommt allen festen Körpern zu; aber bei grösseren Dimensionen derselben wird die dadurch bedingte Vermehrung des Querschnitts und somit seine Wirksamkeit für die Bewegungen in der Luft unmerklich gering. Mag sein Radius aber noch so klein sein, so muss es kleinste Körperchen geben, gegen deren Radius er nicht mehr vernachlässigt werden darf, und deren Bewegungen in der Luft daher nicht blos von Gewicht und Querschnitt, sondern auch von dem Luftmantel abhängen.

Es ist die Aufgabe des Experiments, die Dicke der unbeweglichen Lufthülle an Substanzen von bestimmter chemischer Zusammensetzung und somit auch die obere Grenze für die Grösse der Körperdimensionen zu ermitteln, bei welcher die Wirksamkeit unmerklich klein wird. Die betreffenden experimentellen Thatsachen bleiben einer folgenden Mittheilung vorbehalten; ich bemerke für jetzt bloss, dass, wenn der Unterschied zwischen den Bewegungen der Staubkörperchen und denen grösserer Körper allein durch den Luftmantel verursacht wird, die Wirksamkeit des letzteren behufs Fliegens alle Erwartungen übertrifft, dass der Luftmantel viel mächtiger ist, als man irgendwie voraussetzen konnte und dass er auch bei Körperchen, die so gross sind, um als Sonnenstäubchen einzeln sichtbar zu werden, die hauptsächlichste Tragkraft darstellt.

Ein Stärkekörnchen, welches das nämliche Gewicht hat wie ein aus einem Goldblättchen herausgeschnitten gedachtes Stückchen von gleichem Querschnitt, sollte, wenn ihm der Luftmantel fehlte, wegen seines kleineren Querschnittes etwas schneller fallen als das ganze Goldblättchen. In Wirklichkeit fällt es aber vielmal langsamer. — Die grösseren Weizenstärkekörner von linsenförmiger Gestalt haben nur den 5 Theil derjenigen Fallgeschwindigkeit, welche sich aus der Berechnung unter der Voraussetzung ergiebt, dass sie beim Fallen alle möglichen Lagen annehmen. Das würde auf einen Luftmantel hindeuten, welcher den Radius des wirksamen Querschnittes um etwa 0,04 mm vergrössert.

Die Mächtigkeit der verdichteten Luftschicht an einer frei in der Luft befindlichen Oberfläche wäre also ungleich viel bedeutender als die verdichtete Wasserschicht an einem in Wasser liegenden Körper, da nach Quincke der Radius der Wirkungssphäre eines festen Körpers auf eine Flüssigkeit nur etwa 0,000005'5 mm beträgt.

Dieser Gegensatz zwischen verdichteter Luft- und

Wasserschicht lässt sich aus dem Umstande erklären, dass die Wassermolecüle durch sehr starke Molecularkräfte unter einander verbunden sind, und dass daher ihnen gegenüber die Anziehung einer festen Substanz nur auf eine sehr geringe Entfernung ein bemerkbares Uebergewicht zu behaupten vermag, — während die Luftmolecüle, die bloss durch die Stösse auf einander einwirken, die Anziehung eines Körpers auf einen viel grösseren Abstand in nachweisbarem Masse empfinden müssen.

Von dem Luftmantel, welcher feste Körper, besonders wenn sie organischer Natur sind, überzieht, vermuthe ich übrigens, dass er vorzüglich aus verdichtetem Wasserdampf (nicht zu verwechseln mit Wasser oder mit Bläschendampf) bestehe. Dafür spricht die grosse Verwandtschaft, welche viele organische Verbindungen (namentlich die Kohlenhydrate und die Albuminate) zum Wassermolecül haben, und die so gross ist, dass die organisirten Körper in trockner Luft 15 bis 20 Proc. Wasser festhalten und dasselbe erst bei 100° C. oder darüber fahren lassen. Eine besondere Verwandtschaft zu Sauerstoff oder Stickstoff ist dagegen nicht bekannt und auch nicht wahrscheinlich.

Dass der Luftmantel eine grosse Menge von Wassergas enthalte, lässt sich auch desswegen vermuthen, weil eine bloss aus permanenten Gasen bestehende erhebliche Luftverdichtung nicht wohl denkbar ist. Wenn auch die an den Luftmolecülen haftenden Molecularkräfte im gewöhnlichen Zustande wegen der verhältnissmässig grossen Entfernungen unwirksam sind, so müssen sie sich doch geltend machen, sowie die Luftmolecüle näher zusammentreten. Bei den permanenten Gasen sind dann die abstossenden Kräfte im Uebergewicht, wie ihr Widerstand gegen die Verdichtung zum flüssigen Zustande beweist. Die Luftverdichtung wird also viel leichter zu Stande kommen,

wenn zwischen den Sauerstoff- und Stickstoffmolecülen reichliche Wassermolecüle vertheilt sind.

Ausser dem Luftmantel giebt es noch eine andere Ursache, welche das Fallen kleinster Körperchen verzögern und ihr Getragenwerden durch einen aufsteigenden Luftstrom befördern muss, nämlich die Reibung. In der Formel $v = \sqrt{2 g h}$ ist dieses Moment vernachlässigt; sie setzt voraus, dass das Fallen im leeren Raume geschehe, ferner dass das aufsteigende Medium nur den zu tragenden Körper treffe und nicht an ihm vorbeistreichend durch Reibung auf ihn wirke, und ebenso dass der mit constanter Geschwindigkeit fallende Körper nur mit seiner unteren Fläche auf das Medium stosse und nicht durch Reibung an seinem Umfange behindert werde.

Diess kann für grössere in der Luft befindliche Körper ohne bemerkbaren Fehler angenommen werden. Es ist aber, da der Querschnitt mit dem Quadrat und der Umfang mit der ersten Potenz des Durchmessers abnimmt, ausser Zweifel, dass, wenn man die Körper immer kleiner werden lässt, man einmal bei einer Kleinheit anlangt, wo der Reibungswiderstand einen nicht zu vernachlässigenden Werth erreicht, und dass derselbe bei noch kleiner werdenden Körpern verhältnissmässig immer grösser wird.

Ueber den Betrag des Reibungswiderstandes lässt sich noch nichts Bestimmtes aussagen. Man kennt zwar seine Grösse in Capillarröhren von ungleichem Durchmesser und ungleicher Länge. Es lässt sich daraus aber kein Schluss ziehen auf eine Reibungsfläche von fast verschwindender Länge. Und wenn diess auch geschehen könnte, so wird die Beurtheilung unmöglich durch den Umstand, dass der Mantel von verdichteter Luft jedenfalls vorhanden ist und dass man über seine Mächtigkeit und seine physikalische Beschaffenheit nichts weiss.

Man kann daher die Ursachen, welche den Fall kleinster Körperchen in der Luft verzögern und sie gegenüber einem aufsteigenden Luftstrom gleichsam leichter machen, nicht von einander trennen. Man kann sich die Gesammtwirkung dieser Ursachen nur so vorstellen und in Rechnung bringen, dass durch dieselben der wirksame Querschnitt eines Körperchens je nach seiner chemischen Beschaffenheit, nach seiner Form und Grösse in einem bestimmten Masse vergrössert wird.

Die Frage, unter welchen Umständen Staubkörperchen von der Luft getragen und fortgeführt werden, unter welchen Umständen sie sinken und sich auf den Boden legen, ist von besonderer Wichtigkeit mit Rücksicht auf die Spaltpilze, namentlich die Miasmen- und Contagienpilze. Denn darin beruht das eine Moment ihrer Verbreitung. Es handelt sich also, wie bereits gesagt, darum, die Grenze zwischen Steigen und Fallen zu bestimmen. Bleibt innerhalb eines Raumes die Luftbewegung unter dieser Grenze, so wird nicht nur das Aufsteigen der Spaltpilze unmöglich, sondern es wird auch durch Niedersinken der schwebenden Pilze die Luft von ihnen gereinigt. Erreicht ferner in einem Medium, welches seiner Natur nach nur schwache Luftströmungen gestattet (wie z. B. im Boden), die vertical aufsteigende Componente der Luftgeschwindigkeit nicht jene Grenze, so können auch die Spaltpilze in dem fraglichen Medium nicht aufsteigen und aus demselben in die Atmosphäre entweichen.

Die Bestimmung der eben genannten Grenze für das Aufsteigen der Spaltpilze giebt auch die Aussicht zur Entscheidung einer der wichtigsten Fragen, welche diese Pilze betrifft, nämlich der Frage, ob die jetzt bekannten Formen und Zustände der Spaltpilze den Formenkreis der Gruppe wirklich umgrenzen, oder ob es vielleicht noch kleinere

gebe, die sich der jetzigen mikroskopischen Wahrnehmung entziehen.

Die kleinsten Spaltpilze, die man kennt, stehen bekanntlich an der Grenze der Sichtbarkeit. Man würde sie, wenn uns die leistungsfähigen Mikroskope der Jetztzeit mangelten, entweder gar nicht sehen oder wenigstens nicht als Organismen nachweisen können. Gäbe es aber noch kleinere Formen, so würde man dieselben auch mit den jetzigen Instrumenten nicht erkennen. Es sind also nahe liegende Fragen, wenn wir aus verschiedenen wissenschaftlichen und praktischen Beweggründen gerne wissen möchten: Ob es, neben den bekannten, noch kleinere, bei unseren jetzigen optischen Hülfsmitteln unsichtbare Spaltpilze gebe? Ferner ob die bekannten Pilze vielleicht noch besondere Sporen oder Keime bilden, die uns wegen ihrer Kleinheit entgehen?

Diese Fragen können experimentell gelöst werden, wenn es gelingt, genau die Geschwindigkeit eines aufsteigenden Luftstromes zu bestimmen, welcher die bekannten kleinsten Spaltpilze schwebend zu erhalten vermag. Giebt es keine Pilze oder Keime, die kleiner und leichter sind, so muss ein abgeschlossener Luftraum mit geringerer Luftgeschwindigkeit als die gefundene pilzfrei werden und pilzfrei bleiben, und eine darin befindliche pilzfreie Nährlösung muss sich unverändert erhalten. Giebt es dagegen noch kleinere, unsichtbare Pilzformen oder unsichtbar kleine Keime von bekannten grösseren Formen, so muss in einem abgeschlossenen Luftraum, in welchem jene Luftgeschwindigkeit nicht erreicht wird, eine ausgekochte Nährlösung verändert, getrübt, zersetzt und mit Pilzvegetation erfüllt werden.

Ich will noch eine Bemerkung beifügen über die Berechnung, zu denen diese Untersuchungen Veranlassung geben. Die Factoren, von denen die Tragkraft eines be-

stimmten Luftstromes abhängt, sind das Gewicht des Körperchens, sein horizontaler Querschnitt und die Vergrösserung, welche dieser Querschnitt durch den Luftmantel und die Reibung erfährt, und welche ich der Kürze halber als Dicke des Luftmantels bezeichnen will.

Was Gewicht und Grösse der lufttrockenen Spaltpilze betrifft, so können diese Werthe nicht direct bestimmt, sondern sie müssen aus der mikroskopischen Untersuchung der in einer Flüssigkeit befindlichen Pilze, also aus der Gestalt und Grösse der von Wasser durchdrungenen Zellen ermittelt werden. Die Spaltpilze enthalten im benetzten Zustande durchschnittlich 80, im lufttrockenen Zustande 20 Proz. Wasser. 400 Gewichtstheile benetzter Pilze (320 Wasser und 80 Substanz) trocknen also auf 100 (20 Wasser und 80 Substanz) ein, oder das Gewicht vermindert sich beim Trocknen von 1 auf 0,25. — Im benetzten Zustande beträgt das spezifische Gewicht ungefähr 1,1 und im lufttrockenen Zustande 1,4. Also vermindert sich das Volumen beim Trocknen von $\frac{1}{1,1}$ auf $\frac{0,25}{1,4}$, oder von 1 auf 0,196429.

Die mikroskopische Untersuchung zeigt, dass die benetzten Spaltpilze entweder kugelig oder stäbchenförmig sind, und wir können als sehr wahrscheinlich voraussetzen, dass sie ihre Gestalt beim Trocknen behalten oder doch nur in unbedeutendem, die Rechnung nicht störenden Masse verändern. Was zuerst die kugeligen Formen betrifft, so ist ihr Durchmesser im benetzten Zustande bekannt; daraus können die anderen Werthe bestimmt werden. Ist der Durchmesser der benetzten kugeligen Zelle 2 r und ihr Volumen $\frac{4}{3} r^3 \pi$, so vermindert sich dieses beim Trocknen auf $\frac{4}{3} r^3 \pi \,.\, 0,196429$. Der Querschnitt vermindert sich

demnach von $r^2 \pi$ auf $r^2 \pi \cdot 0{,}337912$ und der Durchmesser von $2r$ auf $2r \cdot 0{,}581302$.

Würden sich die kleinsten Körperchen rücksichtlich ihres Transportes durch die Luft so verhalten wie grosse Körper, so liesse sich die Geschwindigkeit des vertical aufsteigenden Luftstroms, welcher sie schwebend erhält, nach der früher abgeleiteten Formel $v = 1228{,}5 \sqrt{h_1}$ (v und h_1 in cm ausgedrückt) berechnen. h_1 bedeutet die Höhe einer Wasserschicht von gleicher Grundfläche und gleichem Gewicht wie der horizontale Querschnitt und das Gewicht des Körpers, und ist gleich dem Volumen des Körpers multiplizirt mit dem spezifischen Gewicht desselben und dividirt durch seinen horizontalen Querschnitt. Also hat man für den vorliegenden Fall

$$h_1 = \frac{4\,r^3 \pi \cdot 0{,}196429 \cdot 1{,}4}{3\,r^2 \pi \cdot 0{,}337912} \text{ oder } h_1 = 1{,}085097 \cdot r$$

ferner $\sqrt{h_1} = 1{,}04168 \sqrt{r}$ und $v = 1279{,}70 \sqrt{r}$ (in cm).

Diese Formel gilt für den Fall, dass eine Lufthülle und ein Reibungswiderstand nicht vorhanden oder im Verhältniss zu r so gering sind, dass sie vernachlässigt werden können. Haben dieselben aber eine hinreichende Grösse, so dass der wirksame horizontale Querschnitt merklich zunimmt, so wird dadurch der Werth von h_1 kleiner. Der Radius des umhüllten lufttrockenen Körperchens ist $r \cdot 0{,}581302 + m$, wenn m die Dicke des wirksamen Luftmantels angiebt, und der Querschnitt ist $(r \cdot 0{,}581302 + m)^2 \pi$. Somit erhält man

$$h_1 = \frac{4\,r^3 \pi \cdot 0{,}196429 \cdot 1{,}4}{3\,(r \cdot 0{,}581302 + m)^2 \pi} \text{ oder}$$

$$h_1 = \frac{0{,}366666 \cdot r^3}{(r \cdot 0{,}581302 + m)^2},$$

$$\text{ferner } \sqrt{h_1} = \frac{0{,}605529 \,.\, \sqrt{r^3}}{r \,.\, 0{,}581302 + m} \text{ und}$$

$$v = \frac{743{,}893 \,.\, \sqrt{r^3}}{r \,.\, 0{,}581302 + m} \text{ (in cm).}$$

Die stäbchenförmigen Spaltpilze sind cylindrisch[1]) mit abgerundeten Enden. Wenn wir sie der Einfachheit wegen als vollkommen cylindrisch betrachten, so begehen wir nur einen unbedeutenden Fehler, indem Volumen und Längsschnitt etwas zu gross ausfallen. Das Volumen im benetzten Zustande ist $r^2 \pi l$ (wenn $2r$ den Durchmesser und l die Länge bezeichnet), im lufttrockenen Zustande $r^2 \pi l \,.\, 0{,}196429$.

Ich will nur diejenige Stellung des Stäbchens berücksichtigen, bei welcher seine Achse horizontal gerichtet ist, weil in dieser Lage die geringste Geschwindigkeit des aufsteigenden Luftstroms zum Tragen der Pilze erforderlich ist. Der horizontale Querschnitt ist nun $2rl$ im benetzten und $2rl \,.\, 0{,}337912$ im lufttrockenen Zustande. — Ein solcher horizontal liegender Cylinder hat das Gewicht einer Wasserschicht, deren Höhe

$$h_1 = \frac{r^2 \pi l \,.\, 0{,}196429 \,.\, 1{,}4}{2rl \,.\, 0{,}337912} \text{ oder } h_1 = 1{,}27835 \,.\, r. \text{ Hieraus}$$

erhält man (wobei die Länge der Stäbchen gleichgültig ist) die zum Tragen erforderliche Luftgeschwindigkeit

$$v = 1388{,}90 \sqrt{r} \text{ (in cm).}$$

Mit Berücksichtigung der Lufthülle von der Dicke m wird die Höhe einer dem horizontalen Cylinder entsprechenden Wasserschicht

$$h_1 = \frac{r^2 \pi l \,.\, 0{,}196429 \,.\, 1{,}4}{2\,(r \,.\, 0{,}581302 + m)\,(l \,.\, 0{,}581302 + m)} \text{ oder}$$

1) Die Angabe von plattgedrückten Stäbchen ist durch optische Täuschung veranlasst worden.

$$h_1 = \frac{0{,}431969}{(r \,.\, 0{,}581302 + m)\ (l \,.\, 0{,}581302 + m)}.$$

Hieraus berechnet sich die Geschwindigkeit

$$v = 807{,}436 \sqrt{\frac{r^2\, l}{(r \,.\, 0{,}581302 + m)\ (l \,.\, 0{,}581302 + m)}}$$

(in cm).

Durch Versuche lässt sich v für kugelige und cylindrische Spaltpilze ermitteln und daraus dann die wirksame Dicke des Luftmantels (m) berechnen. Nach einigen vorläufigen Versuchen würde diese Dicke für Stärkekörner, wie bereits angeführt wurde, etwa 0,04 mm betragen.

II. Bewegungen im Wasser.

Die Erklärung der Bewegungen kleinster Körperchen wird viel schwieriger, wenn sie sich in einer Flüssigkeit als wenn sie sich in der Luft befinden, weil dort die mechanischen Verhältnisse complizirter sind. Was die Luft betrifft, so können die Gasmolecüle, da sie nicht in bemerkbarem Masse durch die Molecularkräfte, sondern nur durch die elastischen Stösse aufeinander einwirken, auch die Ortsveränderungen der suspendirten Stäubchen bloss entweder durch die Einzelstösse oder durch die Massenbewegungen beeinflussen. In einer Flüssigkeit dagegen bewegen sich die Molecüle nicht bloss durcheinander, sondern wirken auch durch anziehende und abstossende Kräfte sehr energisch auf einander ein, und es ist daher denkbar, dass sie ebenfalls die suspendirten kleinsten Körperchen theils durch Einzelstösse, theils durch Massenbewegungen, theils durch Molecularkräfte in Bewegung setzen.

Die Erscheinung, welche am meisten die Aufmerksamkeit der Beobachter auf sich gezogen hat, ist die Tanzbewegung (Brown'sche „Molecularbewegung"). Bezüglich derselben ist durch Wiener und später durch Exner

nachgewiesen worden, dass die Ursache davon in der Flüssigkeit selbst zu suchen und inneren, dem Flüssigkeitszustande eigenthümlichen Bewegungen zuzuschreiben sei. Sollte diess aber so verstanden werden, dass es die Stösse selber der in verschiedenen Richtungen sich bewegenden Flüssigkeitsmolecüle und nicht etwa die Molecularkräfte derselben überhaupt seien, welche die mikroskopisch sichtbaren Körperchen zum Tanzen bringen, so wäre eine solche Annahme noch weniger begründet als die analoge Vermuthung für das Tanzen der Sonnenstäubchen.

Wenn die Molecularstösse das Tanzen kleinster Körperchen im Wasser bewirkten, so müssten in der nämlichen Flüssigkeit und bei der nämlichen Temperatur die Geschwindigkeiten der Tanzbewegung für gleiche Form und gleiches spezifisches Gewicht der Körperchen annähernd im umgekehrten Verhältnisse zu ihrer Masse stehen, sohin mit zunehmender Masse stetig abnehmen und bei einer bestimmten Grösse unmerklich werden. Es müssten ferner die Geschwindigkeiten bei den nämlichen Körperchen unter übrigens gleichen Umständen constant bleiben; sie könnten nicht langsamer werden oder gar zur Ruhe kommen.

Alles dies trifft aber durchaus nicht mit der Genauigkeit zu, wie man es von der Wirkung einer mechanischen Ursache erwarten müsste. Man macht sogar oft Beobachtungen, welche der angegebenen theoretischen Forderung ganz zu widersprechen scheinen. Dabei setze ich natürlich voraus, dass man nur freischwebende Körperchen beobachte, und sich nicht etwa durch solche täuschen lasse, welche dem Objectträger oder dem Deckglas oder der freien Oberfläche der Flüssigkeiten anhängen und in Folge der Adhäsion entweder keine oder eine verlangsamte Bewegung zeigen.

Die Zweifel, welche in Folge solcher Beobachtungen sich erheben, werden durch die theoretische Behandlung der

Frage vollkommen bestätigt. Eine genaue Berechnung der Geschwindigkeit, welche die Wassermolecüle durch ihre Stösse einem kleinsten Körperchen von bestimmtem Gewicht zu ertheilen vermögen, ist zwar nicht ausführbar, weil die Geschwindigkeit der Flüssigkeitsmolecüle unbekannt ist. Wir wissen in dieser Beziehung nur, dass die Wassermolecüle jedenfalls sich viel langsamer bewegen als die Luftmolecüle, da jene durch Molecularkräfte mit einander verbunden sind und einen bedeutenden Reibungswiderstand zu überwinden haben, welcher bei den Gasen, mit Ausschluss des fast verschwindenden Widerstandes von Seite des Aethers, ganz wegfällt.[1])

Die Wirksamkeit des Stosses eines Wassermolecüls auf ein kleines Körperchen ist also schon wegen seiner geringeren Geschwindigkeit viel geringer als die Wirksamkeit eines Gasmolecüls von gleichem Gewicht. Sie wird überdem noch durch den Umstand, dass das Wasser wegen seiner 770 mal grösseren Dichtigkeit einen grösseren Widerstand darbietet, in entsprechendem Masse vermindert.

---

1) Der flüssige Zustand stellt bezüglich der Geschwindigkeit der Molecularbewegungen ein mittleres Verhältniss dar zwischen dem festen und dem gasförmigen Zustand. Um 1 g Eis in Wasser von 0° zu verwandeln, bedarf es 80 Cal. Die Wärme wird dazu verwendet, um die früher fest verbundenen Molecüle von einander loszureissen und ihnen eine gewisse mittlere fortschreitende Bewegung zu ertheilen, wobei zugleich auch die inneren Schwingungen in den Molecülen entsprechend beschleunigt werden. Geht 1 g Wasser von 0° in Wasserdampf von 0° über, so werden 606 Cal. aufgenommen. Sie dienen dazu, die Wassermolecüle vollständig von einander zu trennen und die Geschwindigkeit ihrer fortschreitenden sowie der inneren schwingenden Bewegungen zu vermehren. Aus der Vergleichung der latenten Schmelzwärme mit der latenten Verdampfungswärme lässt sich entnehmen, dass die Wassermolecüle beim Uebergang aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand die Geschwindigkeit ihrer Bewegungen sehr beträchtlich steigern müssen.

Wenn wir die Geschwindigkeit berechnen, welche ein im Wasser tanzendes Körperchen in der Luft durch den Stoss eines Wassergasmolecüls erhielte, so fällt dieselbe vielmal grösser aus als die Geschwindigkeit, welche demselben im Wasser durch ein Wassermolecül ertheilt wird. Ein kugeliges oder polyedrisches Stärkekörnchen von 3 mik. (0,003 mm) Durchmesser zeigt die Tanzbewegung sehr deutlich. Dasselbe würde durch den Anstoss eines Wasser-Gasmolecüls in der Luft eine Geschwindigkeit von 0,000002 mm in der Secunde erhalten. Da uns eine Bewegung unter dem Mikroskop nach Massgabe der linearen Vergrösserung beschleunigt erscheint, so müssen wir die soeben berechnete Geschwindigkeit, um sie mit der bei 500maliger Vergrösserung beobachteten zu vergleichen, mit 500 multipliziren. Wir erhalten somit 0,001 mm als Geschwindigkeit eines von dem Stoss eines Wassermolecüls unter den angegebenen Bedingungen getroffenen Stärkekörnchens, wie sie uns unter dem Mikroskop sich darstellen würde. Sie ist immer noch 3mal langsamer als die Bewegung des Stundenzeigers einer Taschenuhr dem blossen Auge erscheint, und würde die wirkliche Geschwindigkeit der Tanzbewegung noch lange nicht erreichen, wenn sie sich um das Zehntausendfache beschleunigte.

Wenn man ferner berücksichtigt, dass in dieser Berechnung die Geschwindigkeit des anstossenden Wassermolecüls um ein Vielfaches höher angenommen wurde, als sie wirklich ist, und dass der bedeutende Widerstand des Wassers gänzlich vernachlässigt wurde, so können wir wohl behaupten, das eine Million von Wassermolecülen das Stärkekörnchen im nämlichen Moment in der gleichen Richtung treffen müsste, um den einzelnen Ruck des tanzenden Stärkekörnchens zu erklären. Nun sind es zwar wohl mehr als eine Billion von Molecularstössen, welche das im Wasser befindliche Stärkekörnchen während einer Secunde

erfährt; aber sie kommen von allen möglichen Seiten und heben sich bei der ungemein grossen Zahl und der Geringfügigkeit der Wucht des einzelnen Stosses in ihrer Wirkung vollständig auf.

Es sind also zur Erklärung der Tanzbewegung kleinster Körperchen im Wasser andere moleculare Ursachen aufzusuchen als die Ortsbewegungen der Flüssigkeitsmolecüle und wir können dieselben nur in den anziehenden und abstossenden Kräften finden, welche immer zwischen den in geringer Entfernung von einander befindlichen Molecülen wirksam sind, und deren Wirksamkeit auch die Eigenschaften der Flüssigkeiten bedingt. Da sich nun die oberflächlichen Molecüle der im Wasser liegenden Körper mit den angrenzenden Molecülen des letzteren in gegenseitigem Bereiche der Molecularkräfte befinden, so muss auch jede einzelne dieser Kräfte auf die Bewegungen eines freischwimmenden und hinreichend leichten Körpers Einfluss haben. Welche derselben aber die grösste Wirkung ausübe und die mikroskopisch sichtbaren Tanzbewegungen hervorbringe, bleibt vorerst unbekannt, und wenn wir mit Vorliebe an elektrische Anziehung und Abstossung denken, so ist dies weiter nichts als eine Möglichkeit, die in verschiedenen Beziehungen näher zu liegen scheint als irgend eine andere.[1])

1) Der erheblichste Einwurf, den man gegen die Theorie, dass die Tanzbewegung durch Molecularkräfte und nicht durch die Molecularstösse verursacht werde, erheben könnte, wäre wohl der, dass das einzelne Flüssigkeitsmolecül durch Anziehung oder Abstossung dem viel grösseren und schwereren Staubkörperchen nur eine unendlich geringe Beschleunigung ertheilen könne, und dass die von allen das Körperchen umgebenden Molecülen in verschiedenem Sinne ausgeübten Wirkungen sich aufheben müssen. Dieser Einwurf fällt hinweg, wenn die Elektrizität die bewegende Kraft ist, weil dann in jedem Moment eine neue Vertheilung der Elektrizität in dem Körperchen eintreten und auch die umgebenden Flüssigkeitsmolecüle sich übereinstimmend orientiren und somit eine merkliche Gesammtwirkung ausüben können.

Wenn meine Theorie im Allgemeinen begründet ist, so hat die Ortsbewegung der Molecüle nur einen indirekten Einfluss auf die Tanzbewegung, insofern sie stets neue moleculare Kräfte wirksam werden lässt. Langsamere Molecularbewegungen können selbst förderlicher für die Tanzbewegung sein, da diese nicht mehr eine Function der Stösse der Molecüle und des Widerstandes der Körperchen ist. Es wird uns ferner erklärlich, warum grössere Körperchen nicht nach Massgabe ihres Gewichtes träger werden, da ja die bewegenden Kräfte mit der Oberfläche wachsen, und warum gleichgrosse Körperchen der gleichen Substanz in verschiedenen Flüssigkeiten und verschiedener Substanzen in der nämlichen Flüssigkeit ungleiche Bewegungen zeigen, da ja die chemische Beschaffenheit der Körperchen und der Flüssigkeit die bewegenden Kräfte verändern.

Was die übrigen Bewegungen der kleinsten Körperchen in einer Flüssigkeit betrifft, so lassen sich dieselben am besten beurtheilen, wenn, wie bei den Bewegungen in der Luft, die Frage erörtert wird, unter welchen Umständen die Körper schwebend erhalten bleiben. Da sie im Allgemeinen ein anderes spezifisches Gewicht besitzen als die Flüssigkeit, so müssen sie, wenn nicht besondere Ursachen hinzukommen, entweder fallen oder steigen. Man möchte zwar vielleicht meinen, dass ausserordentlich kleine Körperchen, die nur wenig schwerer sind als Wasser, von diesem wohl getragen werden möchten. Allein die Bedingung hiefür könnte doch nur die sein, dass der Unterschied im Gewicht nicht gross genug wäre, damit das Körperchen die Wassermolecüle, die sich seinem Sinken entgegenstellen, verschiebe. Dies ist jedoch nicht denkbar; denn da die Wassermolecüle in beständiger Ortsbewegung sich befinden, so ist auch in jedem Augenblick für einen

Körper, der ein noch so geringes Bestreben hat, sich nach einer bestimmten Richtung zu bewegen, die Gelegenheit gegeben, einen kleinen Schritt vorwärts zu thun. Nur wird es von seinem Gewicht, seiner Form und Grösse abhängen, ob er langsamer oder schneller sinkt.

Wenn wir uns bloss an Wasser und verdünnte wässerige Lösungen halten, da andere Flüssigkeiten ein geringes Interesse darbieten, so hat die grosse Mehrzahl kleinster Körperchen, die wir allenfalls darin antreffen, ein grösseres, nur wenige ein geringeres spezifisches Gewicht. Jene sind daher zum Sinken, diese zum Steigen geneigt.[1])

---

1) Schwerer als Wasser sind die mineralischen und die organisirten Substanzen. Leichter als Wasser sind von den Körperchen, die man unter dem Mikroskope zu sehen Gelegenheit hat, nur Fett und Wachs.

Einzelne lufttrockne Zellen können leichter sein als Wasser, wenn sie Luft in ihrer Höhlung enthalten. Benetzte, lebensthätige Zellen haben, da sie nie freies Gas in ihrem Innern ausscheiden, fast ohne Ausnahme ein grösseres spezifisches Gewicht; denn sie bestehen aus Wasser und aus Substanzen, die schwerer sind als Wasser. Bloss dünnwandige, mit Fett gefüllte Zellen könnten ein kleineres spezifisches Gewicht besitzen.

Vielzellige Complexe werden oft durch anhängende oder eingeschlossene Luft schwimmtüchtig, wie wir an grösseren oder kleineren Wasserpflanzen beobachten. Verbände von Sprosshefezellen steigen in einer zuckerhaltigen Flüssigkeit auf, getragen von der Kohlensäure, die sie durch ihre Gärthätigkeit gebildet haben, und sinken, wenn sie an der Oberfläche ihre Schwimmblase verloren haben, wieder auf den Grund. Man kann selbst in einem Glas mit schwachgärender Flüssigkeit Flocken beobachten, welche in langsamem Tempo abwechselnd steigen und fallen, ohne die Oberfläche und den Grund der Flüssigkeit zu erreichen und ohne dass sich ein Gasbläschen ablöst. Die tragende Gasmasse vermehrt sich nämlich beständig durch Gärung und vermindert sich ebenfalls beständig durch den Uebergang von Kohlensäure in die Flüssigkeit; — in den unteren kohlensäurereicheren Schichten der Zuckerlösung ist der Zuwachs, in den oberen kohlensäureärmeren Schichten ist der Verlust an freiem Gas beträchtlicher.

Um die einen und anderen schwebend zu erhalten, bedarf es der nämlichen Mittel, die aber selbstverständlich in entgegengesetztem Sinne wirken müssen.

Eines dieser Mittel sind, in gleicher Weise wie beim Schweben in der Luft, Wasserströmungen, welche mit ihrer verticalen Componente dem positiven oder negativen Gewichtsüberschuss des Körperchens über ein gleiches Volumen Flüssigkeit das Gleichgewicht halten. Für jeden einzelnen Fall lässt sich berechnen, welche Geschwindigkeit diese senkrechte Strömung haben muss.

Aus der allgemeinen Formel $v = \sqrt{2 g h}$ erhält man die zum Tragen eines schweren Körpers in einer Flüssigkeit erforderliche aufsteigende Geschwindigkeit

$$v = \sqrt{2 g h \frac{(\gamma_1 - \gamma)}{\gamma}},$$

wenn γ_1 das spezifische Gewicht des Körpers und γ das

Es giebt noch eine andere Ursache, welche einzelne Zellen oder vielzellige Complexe zwar nicht im Wasser steigen macht, aber doch, wenn sie einmal an der Oberfläche desselben sich befinden, daselbst schwimmend erhält. Dies ist die Nichtbenetzbarkeit der Zellmembran, welche in Folge von Cuticularisirung (Verkorkung) eintritt. In dieser Weise bleiben Schwärmzellen an der Oberfläche des Wassers hängen und keimen daselbst. Die Kahmhautpilze (Saccharomyces mesentericus) und viele Spaltpilze bilden eine oberflächliche Haut. Selbst die zolldicken Kuchen der Essigmutter werden durch die unbenetzte obere Seite getragen, wie man sich durch passend angestellte Versuche überzeugen kann; benetzt man diese Seite oder taucht man den die Glaswandung nicht berührenden Gallertkuchen etwas unter, so sinkt er langsam auf den Grund. Dieses Sinken tritt auch bei den aus andern Pilzen bestehenden Membranen ein, die man untertaucht, so lange sie noch wenig cuticularisirt sind. Ist der Verkorkungsprocess aber weiter fortgeschritten, so kommen sie nach dem Untertauchen wieder an die Oberfläche, weil eine dünne Luftschicht der Zellmembran anhängt, und sinken erst, nachdem man diese Luftschicht entfernt hat.

spezifische Gewicht der Flüssigkeit ausdrückt.[1]) Ist die Flüssigkeit Wasser, so hat man $v = \sqrt{2 g h (\gamma_1 - 1)}$.

Es müssen dabei übrigens die nämlichen Verhältnisse berücksichtigt werden wie beim Schweben in der Luft. Wenn auch im Allgemeinen die auf den horizontalen Querschnitt berechnete mittlere Höhe (h) allein in Betracht zu ziehen ist, so hat doch auch die Grösse und Gestalt des horizontalen Querschnittes so wie die Modellirung der abwärts und der aufwärts gekehrten Oberfläche grösseren oder geringeren Einfluss auf die erforderliche Geschwindigkeit und wenn es sich um verschiedene Flüssigkeiten handelt, so ist auch der Grad ihrer Zähigkeit von Belang.

Die Geschwindigkeit, die ein aufsteigender Wasserstrom haben muss, um einen Körper gerade schwebend zu erhalten, ist auch die constante Geschwindigkeit, die er beim Fallen im Wasser annimmt. Ist von mikroskopischen Körperchen von bekannter Gestalt und Grösse diese constante Fallgeschwindigkeit ermittelt, so kann unter bestimmten Voraussetzungen daraus das spezifische Gewicht berechnet werden.

Ein besonderes Interesse gewährt es, zu wissen, welche Bewegungen in einer Flüssigkeit nothwendig sind, damit dieselbe von Staubkörperchen getrübt bleibe, und welcher Zeit es bedürfe, damit sie bei vollkommener Ruhe durch Absetzen sich kläre. Es versteht sich, dass beide Grössen im umgekehrten Verhältniss zu einander stehen, und dass die erforderliche Bewegung, welche die Trübung constant erhält, um so geringer ist, je kleiner und spezifisch leichter die Körperchen sind. Um eine Vorstellung von den nume-

1) Um einen spezifisch leichteren Körper schwebend zu erhalten, bedarf es der absteigenden Geschwindigkeit $v = \sqrt{2 g h \frac{(\gamma - \gamma_1)}{\gamma}}$.

rischen Grössen zu erhalten, will ich als Beispiel Spaltpilze und Stärkekörner anführen, unter der Voraussetzung, dass dieselben sich wie grössere Körper verhalten.

Die kleinsten Spaltpilze haben im benetzten Zustande einen Durchmesser von etwa 0,5 mik., also eine mittlere Höhe (h) von 0,333 mik. Das spezifische Gewicht der imbibirten Spaltpilze (γ_1) beträgt im Mittel etwa 1,1. Also ist v = 0,0814 cm. Damit das Wasser getrübt bleibe, müssten die Strömungen in demselben derartig sein, dass die vertical aufsteigende Componente hin und wieder die Geschwindigkeit von 0,08 cm in der Secunde überschreitet und in Folge dessen die sich absetzenden Pilze wieder in die Höhe führt.

In vollkommen ruhigem Wasser würden demnach diese Spaltpilze eine constante Fallgeschwindigkeit von 0,08 cm. in der Secunde annehmen, und eine getrübte Wassermasse von 1 m Höhe würde sich durch Absetzen vollständig in 1250 Secunden oder in 21 Minuten klären.

Zu den feinsten Stärkemehlsorten gehören solche, deren Körner im benetzten Zustande 2 mik. gross sind. Nehmen wir sie als kugelig an, so beträgt die mittlere Höhe (h) 1,333 mik. Das spezifische Gewicht (γ_1) beträgt ziemlich 1,3. Also ist v = 0,28 cm. Das Wasser bliebe somit getrübt, wenn die vertical aufsteigende Geschwindigkeitscomponente der Strömungen hin und wieder grösser ist als 0,28 cm in der Secunde, und eine vollkommen ruhige Wassermasse von 1 m Höhe würde durch Absetzen in 357 Secunden oder in 6 Minuten klar.

Die Folgerungen für Spaltpilze und Stärkekörner gelten für die gemachten Voraussetzungen, dass das Wasser absolut in Ruhe (d. h. ohne Massenbewegung) sei, dass die Körperchen keine Eigenbewegung besitzen und sich rücksichtlich des Sinkens in einer Flüssigkeit wie grosse Körper verhalten. Die erstere Bedingung wird zwar nie eintreffen

indem ungleichseitige Erwärmung, Verdunstung an der Oberfläche und Erschütterung immer schwache Strömungen zur Folge haben, und daher das Absetzen verzögern. Der letztere Umstand muss aber jedenfalls von bemerkbarem Einflusse sein.

Wie wir gesehen haben, unterliegt das Steigen und Fallen kleinster Körperchen in der Luft anderen Bedingungen, als die nämlichen Bewegungen grosser Körper, weil jene einen anhängenden Luftmantel von merkbarer Dicke besitzen und einen bemerkbaren Reibungswiderstand erfahren. Ebenso müssen die Körper in einer Flüssigkeit, zu der sie Adhäsion zeigen, selbstverständlich zunächst mit einem Mantel von ruhenden und weniger bewegten Flüssigkeitsmolecülen umgeben sein. Derselbe würde aber nach dem, was man jetzt darüber weiss, eine äusserst geringe Mächtigkeit haben. Denn nach Quincke wirkt ein-fester Körper auf Wasser in bemerkbarer Weise nur bis zu einer Entfernung von 0,000005′5 mm, so dass der Mantel etwa aus 150 Wassermolecülschichten bestände.

Wenn diese Grösse uns die Mächtigkeit des bei den Bewegungen kleinster Körperchen zur Geltung kommenden Flüssigkeitsmantels angeben sollte, so würde durch denselben der Durchmesser des wirksamen Querschnitts bei den kleinsten Spaltpilzen (von 0,0005 mm Grösse bei kugeliger Gestalt) bloss um $^1/_{50}$ und der wirksame Querschnitt selbst um $^1/_{25}$ vergrössert.

Im Wasser muss aber, wenn auch der Flüssigkeitsmantel sehr dünn ist, der Reibungswiderstand, im Vergleich mit der Luft, um so grösser ausfallen, und es lässt sich zum Voraus sagen, dass der letztere die Hauptursache für das langsamere Fallen kleinster Körperchen und für das Getragenwerden durch schwächere aufsteigende Strömungen sein wird. Bestimmte Vorstellungen darüber müssen auf experimentellem Wege gewonnen werden.

Die bisher betrachteten Umstände, welche auf das Schweben der Staubkörperchen in einer Flüssigkeit und auf das Absetzen derselben Einfluss haben, sind dieselben, welche die Bewegungen in der Luft bedingen, nämlich die Grösse, das Gewicht und der Mantel der Körperchen, dann die Strömungen in der Flüssigkeit und die Reibungswiderstände. Ausser der verschiedenen Zähigkeit der Flüssigkeiten, die bei den Gasen nicht in Betracht kommt, tritt dann bei den Flüssigkeiten noch eine andere Ursache auf, welche möglicher Weise die Bewegungen kleinster Körperchen wesentlich modifizirt. Es ist dies die Molecularanziehung zwischen der Flüssigkeit und den darin befindlichen Körperchen, welche immer besteht, wenn Benetzung stattfindet.

Diese Molecularanziehung ist es auch, welche neben den fortschreitenden Bewegungen der Flüssigkeitsmolecüle die löslichen Stoffe in Lösung bringt und darin erhält, indem sie durch den Ueberschuss wirkt, welchen die Anziehung (f . s) zwischen Flüssigkeit (f) und Substanz (s) über die Summe der Anziehungen zwischen den gleichartigen Molecülen (f . f + s . s) voraus hat. Die Wirksamkeit der Molecularanziehung wird vorzüglich deutlich durch den Umstand, dass die einen Substanzen in gewissen Flüssigkeiten (z. B. in Wasser) löslich sind, nicht aber in anderen (z. B. in Alkohol), während andere Substanzen das umgekehrte Verhalten zeigen.

Wie die molecularlöslichen Substanzen verhalten sich, rücksichtlich des Zustandekommens der Lösung, auch die micellarlöslichen. Es besteht nur insofern ein Unterschied, dass die micellaren Lösungen[1]) unter übrigens analogen Umständen wegen der beträchtlichen Grösse der Micelle, die aus Hunderten und aus vielen Tausenden von Mole-

1) Vgl. Theorie der Gärurg. Abh. d. k. Ak. d. Wiss. XIII. Bd. II. Abth. 158 (84) und 177 (103). — Separatausgabe S. 97 u. 121.

cülen zusammengesetzt sein können, schwieriger zu Stande kommen.

Vergleichen wir nun mit einer micellaren Lösung eine durch kleinste Staubkörperchen getrübte Flüssigkeit, so sind in beiden die nämlichen Kräfte vorhanden; nur sind diese Körperchen abermals viel grösser und schwerer als die Micelle. Die kleinsten Stäubchen (Spaltpilze von 0,5 mik. Grösse) mögen im benetzten Zustande etwa 50000 bis 100000 mal die Grösse und das Gewicht der mittleren Micelle von Stärke, Cellulose oder Eiweiss übertreffen.

Man könnte somit aus der beträchtlichen Grösse der Staubkörperchen sogleich den Schluss ziehen wollen, dass dieselben durch Molecularanziehung überhaupt nicht suspendirt erhalten bleiben können, da ja schon viele Micellarsubstanzen nicht in Lösung gehen. Eine genauere Betrachtung zeigt aber, dass die Vertheilung der Micelle als Lösung und die Suspension der Staubkörperchen als Trübung, obgleich bei beiden die nämlichen Kräfte wirksam werden, doch auf wesentlich verschiedenen Umständen beruhen.

Die Micellarlösung kommt, wie die Molecularlösung, dann zu Stande, wenn die Anziehung des Micells zu den andern Micellen einer festen Substanz überwunden wird durch die Anziehung des Micells zur Flüssigkeit und durch die dem Micell schon eigenthümlichen und durch die Stösse der Flüssigkeitsmolecüle gesteigerten Bewegungen, welche das Bestreben haben, es loszureissen.

Was die Anziehungen des Micells einerseits zur Flüssigkeit, anderseits zu den übrigen Micellen betrifft, so sind beide wesentlich Functionen der Oberfläche.[1]) Bei der

1) Dies gilt selbst für den unwahrscheinlichen Fall, dass die oberflächlichen Molecüle des Micells keine andern Kräfte entwickeln als die innerhalb der Oberfläche befindlichen, weil die Summation der Kräfte

Anziehung zur Flüssigkeit (diese Anziehung sei für die Flächeneinheit mit F bezeichnet) wirkt die ganze Oberfläche des Micells (O); ihre Wirkung ist durch O . F ausgedrückt. Bei der Anziehung (K für die Flächeneinheit) zwischen zwei polyedrischen Micellen einer Substanz kommen nur die entsprechenden Seiten (S) zur Geltung; ihre Wirkung ist durch S . K ausgedrückt. Dabei kann es sich nur um die grössten Seiten handeln, weil sie die stärkste Anziehung bedingen.

Da die Differenz der einander widerstrebenden Kräfte den Ausschlag giebt, so haben die beiden Micelle das Bestreben, verbunden zu bleiben, so lange S . K — O . F einen positiven Werth darstellt. Wird der Werth negativ, so trennen sie sich von einander und gehen in Lösung. Wenn die Micelle von ungleichen Dimensionen gleiche Gestalt besitzen, so bleibt das Verhältniss von S und O dasselbe, und es besteht zwischen grossen und kleinen Micellen kein Unterschied in dem Bestreben sich von einander loszulösen. Gewöhnlich wird aber die polyedrische Gestalt kleiner und grosser Micelle einer Substanz ungleich sein. Sind beispielsweise die kleinen Micelle kubisch und werden sie beim Wachsthum mehr tafelförmig, so müssen sie in dem letzteren Zustande der lösenden Flüssigkeit einen viel stärkeren Widerstand entgegensetzen.

In ähnlicher Weise muss es, wie ich glaube, erklärt werden, warum grössere Micelle der gleichen Substanz schwieriger in den gelösten Zustand übergehen als kleinere, — eine Thatsache, die uns besonders deutlich bei den verschiedenen Modificationen der Stärke (farblose Stärke, blaue Stärke, Amylodextrin, Dextrin) entgegentritt. Der positive Werth des Ausdruckes S . K — O . F ist bei grösseren

diskreter Punkte für die Oberfläche ein um so grösseres Uebergewicht ergiebt, je geringer die Entfernungen sind.

Micellen aus zwei Gründen beträchtlicher als bei kleineren, einmal weil die grösseren Micelle mehr von der isodiametrischen Gestalt abweichen und damit einzelne grössere Anziehungsflächen gewinnen, ferner weil mit dem Grösserwerden die Micelle ihre ursprüngliche rundliche Form immer mehr in eine streng polyedrische umwandeln.

Man könnte die schwierigere Löslichkeit von Substanzen mit grösseren Micellen auf Rechnung des beträchtlicheren Micellargewichtes setzen wollen. Allein dies würde mir unstatthaft erscheinen. Das Gewicht der Micelle kann ja gegenüber den Molecularkräften gar nicht in Betracht kommen; und wenn man etwa schon geglaubt hat, die Lösung bezeichne den Zustand, in welchem das Gewicht der Salzmolecüle durch die Anziehung der Wassermolecüle überwunden sei, so trifft dies weder für die molecularen noch selbst für die micellaren Lösungen zu, und wir sehen auch an coagulirenden Eiweiss- oder an gelatinirenden Leim- und Pectinlösungen, dass, bei grösserer Concentration der Lösung, die Micelle sich fest verbinden, ohne im Wasser niederzusinken, indem das Wasser von den Micellverbänden eingeschlossen wird.

Ganz anders als die in Lösung gehenden Micelle verhalten sich die Staubkörperchen bei ihrer Suspension in einer Flüssigkeit. Die letzteren haben nämlich im Allgemeinen eine unregelmässige Gestalt und unterscheiden sich dadurch von den regelmässig polyedrischen Micellen. Sie können daher nur mit einzelnen Stellen von geringer Ausdehnung, oft nur mit einzelnen Punkten sich berühren. In Folge dessen ist die Grösse S . K sehr gering und steht hinter der Grösse O . F weit zurück. In der That legen sich die Staubkörperchen, wenn sie aus einer Flüssigkeit sich niederschlagen, nicht zu einer festen Masse an einander wie die Micelle, sondern sie bleiben getrennt. Bei ihnen ist es nur das Gewicht, welches der Suspension entgegen-

wirkt. Dasselbe ist proportional der Masse, oder wenn es sich um die gleiche Substanz handelt, proportional dem Volumen.

Wir können also die Kraft, welche die Staubkörperchen zum Absetzen bringt mit $R^3 (\gamma_1 - \gamma)$ bezeichnen (wenn γ das spezifische Gewicht der Flüssigkeit, γ_1 das spez. Gew. der Körperchen und R ihren Radius bedeutet), die Kraft dagegen, welche sie in einer Flüssigkeit vertheilt und suspendirt erhält, mit $R^2 . F$ (statt $O . F$). Ist die Differenz $R^2 . F - R^3 (\gamma_1 - \gamma)$, oder was auf das Nämliche herauskommt, $F - R (\gamma_1 - \gamma)$ positiv, so bleiben die Körperchen suspendirt; wird der Ausdruck negativ, so setzen sie sich ab. Bei spezifisch leichteren Körperchen entscheidet die Differenz $F - R (\gamma - \gamma_1)$.

Hieraus folgt, dass die Staubsubstanzen, die sich mit einer Flüssigkeit benetzen, bei verschiedenen Graden der Verkleinerung sich ungleich verhalten. Für jede gibt es in der Stufenreihe der Verkleinerung eine Grenze, wo der Umschlag eintritt. Sinken die Staubkörperchen in ihren Dimensionen unter diese Grenze, so bleiben sie suspendirt; sind dieselben grösser, so fallen sie zu Boden. Diese Grenze der Verkleinerung wird aber nur von wenigen Substanzen erreicht, so beim Bor und beim Schwefel, welche in der feinsten Vertheilung eine Flüssigkeit constant trüben. Solche suspendirte Körperchen sind aber immer noch mehr wie 10 mal grösser (im Durchmesser) als Micelle, die keine Lösung zu bilden vermögen.

Man hat also dreierlei Zustände zu unterscheiden, in denen die von der Flüssigkeit ausgeübte Molecularanziehung eine gleichmässige und constante Vertheilung von fremden Substanzen bewirkt: die M o l e c u l a r l ö s u n g, in welcher die gegenseitige Anziehung der einzelnen Substanzmolecüle, die M i c e l l a r l ö s u n g, in welcher die gegenseitige Oberflächenanziehung der polyedrischen Micelle und die T r ü b-

ung durch Stäubchen, bei welcher das Gewicht der Körperchen überwunden wird. — Das Verhältniss dieser Molecularanziehung zu derjenigen, welche das Tanzen der Staubkörperchen und ohne Zweifel auch ein viel lebhafteres Tanzen der unsichtbaren Micelle verursacht, bleibt vor der Hand fraglich. Die eine und die andere werden aber ohne Zweifel durch verschiedene Molecularkräfte bewirkt.

Bezüglich der Trübung durch suspendirte Staubkörperchen bemerke ich noch, dass dabei vollkommene Ruhe der Flüssigkeit von Strömungen vorausgesetzt wird. Ist diese Ruhe gegeben, so werden sich die Körperchen, deren Grösse die für die Suspension erforderliche Grösse nur wenig überschreitet, sehr langsam absetzen. Sind aber auch nur geringe Strömungen vorhanden, so wird die Flüssigkeit beständig getrübt bleiben. Das Absetzen geht ferner um so langsamer vor sich, je mehr die Zähigkeit der Flüssigkeit demselben entgegenwirkt.

Ein Beispiel, in welchem die Trübung sehr lange erhalten bleibt, giebt uns die Milch. Dieselbe zeigt uns überdem deutlich die Wirkung der Molecularanziehung. Die Fettkügelchen sind nicht übermässig klein, der Unterschied zwischen ihrem spezifischen Gewicht und dem der Caseinlösung ist nicht unbedeutend und die micellare Lösung hat keine sehr grosse Zähigkeit. Das so äusserst langsame Absetzen des Fettes als Rahm an der Oberfläche wäre aus den angeführten Ursachen nicht erklärlich, wenn das Fett seiner Natur entsprechend im Wasser unbenetzt bliebe. Da nun aber die Butterkügelchen mit Caseinhüllen umgeben sind, so kommt die starke Molecularanziehung zwischen den letzteren und dem Wasser zur Wirksamkeit und verhindert das Steigen der Kügelchen. Jedes Mittel, welches die Hüllen zerstört, 'befördert das Aufrahmen der Milch.

III. Uebergang von einem Medium in das andere.

Nachdem ich die Bewegungen der Staubkörperchen innerhalb der Luft und des Wassers betrachtet habe, frägt es sich noch, wie sie von einem Element in das andere gelangen. Ihr Uebergang von Luft in Wasser, in das sie hinunterfallen, von Wasser auf einen festen Körper, auf dem sie beim Verdunsten des Wassers zurückbleiben, und von einem festen Körper wieder in Wasser, indem das Wasser ihre Adhäsion lockert und sie bei hinreichender Bewegung fortführt, bedarf keiner Besprechung. Dagegen muss der Uebergang der Staubkörperchen aus einer Flüssigkeit, dann von der trocknen Oberfläche eines festen Körpers auf dem sie angetrocknet sind, endlich von der trocknen Oberfläche, auf welcher sie trocken angeflogen sind, in die Luft, sowie das Anfliegen selbst erörtert werden.

Alle die zahlreichen in der Atmosphäre herumfliegenden Staubkörperchen waren ursprünglich Theile von festen Körpern oder in einer Flüssigkeit befindlich; alle Spaltpilze sind in wässerigen Lösungen entstanden. Es ist daher von besonderer Wichtigkeit zu untersuchen, unter welchen Umständen sie aus einer Flüssigkeit in die Luft gelangen. Die theoretische Lösung dieses Problems lässt sich nur auf dem Wege erreichen, dass wir untersuchen, welche der bekannten Kräfte und Bewegungen dabei wirksam sein können, — und in dieser Beziehung bieten sich uns nur zwei Möglichkeiten dar, einerseits die molecularen Kräfte und Bewegungen, anderseits die Massenbewegungen.

Die erste Frage betrifft den Uebergang der Staubkörperchen aus dem Wasser oder von einer benetzten Oberfläche in die Luft, und hier handelt es sich einmal darum, ob moleculare Kräfte und Bewegungen denselben zu verursachen vermögen. Man kann dabei an die Analogie der

Verdunstung denken, bei welcher nicht bloss die Molecüle der Flüssigkeiten sondern auch die Molecüle von flüchtigen Stoffen, die darin gelöst sind, in die Atmosphäre übergehen. Man hat wirklich kleinste Körperchen, nämlich Spaltpilze, mit dem Wasser verdunsten lassen, indem man ohne Zweifel von der dunkeln Vorstellung ausging, dass Stäubchen von geringstem Gewicht sich wohl verhalten möchten, wie die viele Millionen mal leichteren Molecüle. Man ist ja gerne geneigt, wenn die Dimensionen unter die Grenze des dem blossen Auge Sichtbaren hinuntergehen, auch für das Unterscheiden derselben eine Grenze eintreten zu lassen.

Beim Verdunstungsprocess überwinden von den durcheinander wogenden Molecülen der Flüssigkeit einzelne, die mit der grössten in der Flüssigkeit möglichen Geschwindigkeit senkrecht auf die Oberfläche sich bewegen, die Adhäsion und trennen sich los. Die Stösse der viel schneller sich bewegenden Luftmolecüle mögen bei diesem Process schon mitwirken, wie sie nachher die gesteigerte Geschwindigkeit der verdunsteten Molecüle bedingen.

Von allen Verbindungen, welche die Bestandtheile von Flüssigkeiten bilden, sind es aber nur gewisse, welche in die Luft übergehen können, und die man desswegen als flüchtige bezeichnet. Die nicht flüchtigen Verbindungen verlassen in keiner mit unsern jetzigen Hilfsmitteln nachweisbaren Menge die Flüssigkeit, und da die Waage ausserordentlich kleine Gewichtsmengen anzuzeigen vermag, so darf man vielleicht ihre Nichtflüchtigkeit für bestimmte Temperaturen als eine absolute Eigenschaft ansehen.

Der Unterschied zwischen den flüchtigen und nicht flüchtigen Stoffen wird nicht durch das Moleculargewicht, sondern durch andere moleculare Eigenschaften, nämlich durch die ungleiche Anziehung der Flüssigkeitsmolecüle untereinander und durch ihre ungleichen Bewegungszustände

(da eine Anziehung zu den Molecülen der Atmosphäre nicht statt hat) bedingt.

Die Stoffe, welche Micelle bilden, sind nicht flüchtig; die micellar-löslichen Substanzen, Gummi, Dextrin, Pectin, Eiweiss, Leim verdunsten erfahrungsgemäss nicht. Alle Staubkörperchen bestehen ebenfalls aus nicht flüchtigen Verbindungen und, insofern sie organisirt sind, aus Micellen. Sie können also schon aus diesem Grunde nicht durch die Verdunstungskräfte in die Luft entweichen. Ueberdies lässt auch ihr verhältnissmässig grosses Gewicht ein solches Entweichen nicht zu. Die kleinsten Spaltpilze z. B., die im Wasser einen Durchmesser von 0,5 Mik. besitzen, sind etwa zweihundert Millionen mal schwerer als ein Molecül des nicht flüchtigen Traubenzuckers und sie haben im Wasser überdem eine ihrer Oberfläche entsprechende grössere Anziehung zu Wasser und eine ihrem Gewichte entsprechende geringere Bewegung (wenn wir nur die von den Molecularkräften verursachte Geschwindigkeit berücksichtigen und von der ihnen allfällig zukommenden Eigenbewegung absehen).

Nach den früheren Erörterungen ist es auch selbstverständlich, dass die einzelnen Stösse der Luftmolecüle auf ein etwas aus der Flüssigkeit auftauchendes Staubkörperchen dasselbe nicht loszutrennen vermögen. Denn abgesehen davon, dass sie im Allgemeinen das Körperchen bloss in die Flüssigkeit zurückstossen würden, wäre die dem kleinsten Spaltpilz (von 0,5 Mik. Durchmesser) durch einen solchen Molecularstoss ertheilte Geschwindigkeit, ohne Berücksichtigung der in der Flüssigkeit gegebenen Hindernisse, noch weniger als 0,001 mm in der Secunde.

Nachdem festgestellt ist, dass die molecularen Kräfte und Bewegungen nicht im Stande sind, Staubkörperchen aus dem Wasser loszureissen, muss noch die Frage erörtert werden, ob dies vielleicht durch Massenbewegungen erreicht

wird. Man möchte ja vielleicht die Meinung hegen, dass in dieser Beziehung die in der Flüssigkeit befindlichen Staubkörperchen sich anders verhalten als die Molecüle. Die fraglichen Massenbewegungen könnten aber nichts anderes sein als Luftströmungen, weil die Flüssigkeit als in verhältnissmässiger Ruhe befindlich vorausgesetzt wird.

Die Staubkörperchen müssen, damit die Luftströmungen auf sie einwirken können, etwas über den Wasserspiegel emportauchen. Dies lässt sich nur von Zellen, die entweder mit Eigenbewegung oder mit einer cuticularisirten Membran begabt sind, voraussetzen, und es ist daher die Frage von Belang, wie weit wohl solche Zellen unter den günstigsten Umständen über die Oberfläche vortreten.

Was zuerst die Eigenbewegung betrifft, so erscheint dieselbe bei starker mikroskopischer Vergrösserung zwar sehr lebhaft, beträgt aber doch in keinem Falle mehr als 0,3 mm in der Secunde. Berücksichtigt man diese geringe Bewegungsgrösse und die bedeutenden entgegenwirkenden Molecularkräfte, welche in der Anziehung der Zellenoberfläche zu allen Wassermolecülen und in der Oberflächenspannung der Flüssigkeit wirksam sind, so sieht man leicht ein, dass die spezifisch schwerere Zelle, auch wenn sie senkrecht auf die Oberfläche des Wassers stösst, gewiss lange nicht zur Hälfte über dieselbe vortreten kann.

Was ferner die Cuticularisirung der Zellmembran betrifft, so werden die im Wasser befindlichen Zellen nur an der Seite, mit der sie die Oberfläche berühren, verkorkt und benetzungsunfähig; sie ragen nur wenig über dieselbe empor. Dagegen mögen Sporen, die sich in diesen oberflächlichen Zellen (von Spross- und Spaltpilzen) bilden, überall verkorkt sein. Aber ihre Verkorkung und die Benetzungsunfähigkeit ist jedenfalls nur gering, wie sich schon aus dem Umstande ergiebt, dass sie beim Untertauchen auf den Boden sinken. Es ist aber auch der

unwahrscheinliche Fall zu berücksichtigen, dass sie, wie in der Luft gebildete Sporen, gänzlich unfähig seien, sich zu benetzen, in welchem Falle sie in einem kleinen Meniscus auf dem Wasser lägen.

Die Luftströmungen, die auf solche mehr oder weniger über das Wasser vortretende Zellen wirken, kommen direkt bloss von oben oder streichen höchstens parallel der Oberfläche hin, und drücken, da sie keine nach oben wirkende Componente haben, die Zelle im Allgemeinen nur in die Flüssigkeit nieder. Wenn es sich um grosse, senkrecht über eine Wasserfläche sich erhebende Körper handelte, so könnten dieselben durch einen von der Oberfläche zurückgeworfenen und somit aufsteigenden Luftstrom oder auch durch einen Wirbelwind emporgehoben werden. Bei einem mikroskopisch kleinen Körperchen ist dies nicht möglich, da es keine Luftstösse oder Wirbel von mikroskopisch beschränktem Querschnitt giebt.

Es können daher von einer Wasseroberfläche keine Staubkörperchen, auch keine noch so kleinen Spaltpilze, selbst von den heftigsten Luftströmungen, weggeführt werden, insofern die Wasseroberfläche selbst intakt bleibt. Dagegen tragen Stürme von einer solchen Oberfläche, die sie in Bewegung setzen, grössere oder kleinere Wassermassen und mit denselben auch alle darin befindlichen Staubkörperchen fort. Ebenso können durch andere Bewegungen, wie z. B. durch aufsteigende, an der Oberfläche platzende Gasblasen, kleine Wassertropfen mit den darin eingeschlossenen Stäubchen weggeschleudert werden.

Benetzte Körper verhalten sich im Wesentlichen wie Flüssigkeiten. Von denselben werden benetzte und durch Molecularkräfte festgehaltene Staubkörperchen nicht fortgeweht, es wäre denn, dass der Sturm ganze Partien der Flüssigkeit los zu reissen vermöchte.[1])

---

1) Es muss daher, wie ich es in den „Niederen Pilzen“ gethan

Es ist zweitens die Frage zu erörtern, wie Staubkörperchen, welche aus einer Flüssigkeit an einer festen Oberfläche angetrocknet sind, im trockenen Zustande in die Luft gelangen. Diess hängt vorzüglich ab einerseits von der Adhäsion an die Unterlage und von dem Schutze, welchen der aus verdichteter Luft bestehende Mantel gewährt, anderseits von der Stärke der Luftströmung. Andere Umstände, die bei grossen Körpern von Belang wären, kommen bei Staubkörperchen, sofern sie einzeln liegen, kaum in Betracht, so der Umstand, wie viel der Körper über die Unterlage emporrage und welche Angriffsfläche er der Luftströmung darbiete, ferner die Gestaltung der Oberfläche der Unterlage und ob der Körper sich in einer vertieften und geschützten Stelle oder an einer vorspringenden Ecke und Kante befinde, endlich die Exposition der Unterlage, ob der Körper an einer abwärts schauenden Fläche hänge oder einer aufwärts schauenden aufliege und ob sein Gewicht die Trennung erleichtere oder erschwere.

Was die Adhäsion betrifft, welche dem Wegführen durch die Luft den erheblichsten Widerstand entgegensetzt, so ist einmal zu berücksichtigen, dass die Staubkörperchen aus einer Flüssigkeit nicht etwa in jeder Lage antrocknen, somit nicht etwa bald mit einer Fläche, bald mit einer Kante oder einer Spitze den festen Körper berühren, sondern dass sie, im Gegensatze zu den trocken anfliegenden Körperchen, vor dem Verdunsten der Flüssigkeit darin sich so anordnen, dass sie den unter vorliegenden Umständen

---

habe, die Trennung der Spaltpilze im nassen Zustande von der Unterlage, um in die Luft zu gelangen, in allen Fällen auf das Spritzen be schränkt werden Ich habe diese ganze Frage weitläufiger behandelt, als es die klar vorliegenden physikalischen Thatsachen nothwendig erscheinen lassen, da auch neuerdings wieder mit Unrecht der Verdunstung eine Rolle bei der Verbreitung der Spaltpilze aus einer faulenden Flüssigkeit in die Luft zugeschrieben wurde.

möglichen stärksten Anziehungen ein Genüge leisten. Desswegen haftet Gypsstaub viel besser, wenn man ihn mit reinem Wasser aufträgt, als wenn man ihn trocken aufstreut.

Ferner kommt es namentlich darauf an, ob die Staubkörperchen aus einer Flüssigkeit mit oder ohne Klebstoff antrocknen. Im ersteren Falle werden sie mehr oder weniger festgeleimt. Im zweiten Falle kann eigentliches Ankleben nur eintreten, wenn die Körperchen selbst das Klebmittel enthalten, wie dies bei Zellen und mikroskopischen Organismen immer mehr oder weniger eintrifft. Dieselben scheiden, besonders wenn es Pilze sind, colloide (nicht crystallisirende) Stoffe in geringer Menge aus. Noch viel wichtiger aber erscheint es, dass ihre membranartige Umhüllung mit einer grossen Menge von Wasser imbibirt und daher von weicher Beschaffenheit ist. Dieselbe kann sogar sich vollkommen so wie ein vorzüglicher Klebstoff verhalten, — die weichsten Cellulosemembranen gleich dem Gummischleim, die weichsten Plasmamembranen gleich der Leim- und Eiweisslösung. Viele Algen und auch niedere Pilze trocknen aus reinem Wasser so fest auf ungeleimtem Papier an, als ob sie mit Gummi angeleimt wären.

Ausser der Adhäsion, welche die Staubkörperchen vor dem Wegführen bewahrt, kann auch die verdichtete, in verhältnissmässiger Ruhe befindliche Luftschicht, welche wie ein Mantel feste Oberflächen überzieht, als Schutz dienen. Sind die Körperchen so klein, dass sie ganz darin eingebettet, vielleicht selbst tief darin begraben sind, so vermögen ihnen offenbar die Luftströmungen nur wenig anzuhaben.

Immerhin wird der Schutz, den die angetrockneten Staubkörperchen in der Adhäsion und in dem ruhenden Luftmantel finden, ausserordentlich verschieden sein, und die Beantwortung der Frage, durch welche Luftströmungen

sie fortgeführt werden, anch sehr ungleich ausfallen. Ich will daher nur ein bestimmtes Beispiel, nämlich die Spaltpilze berücksichtigen, da die Verbreitung derselben in die Atmosphäre ein hervorragendes Interesse gewährt.

Wenn das Wasser organische, nicht crystallisirende Verbindungen gelöst enthält, so zeigen die Spaltpilze nach dem Eintrocknen, da sie schon an und für sich ziemlich fest anhaften, nach der Menge und Beschaffenheit der Klebsubstanzen eine Reihe von Adhäsionsgraden, von denen auch die geringsten mit Leichtigkeit die Gewalt der stärksten Luftstösse aushalten. Denken wir uns eine Mücke mit Leim oder Gummi an eine Wand gepappt und noch mit einer dünnen Schicht von Leim oder Gummi überzogen, so haben wir im Grossen ein Bild von dem, was der Spaltpilz im Kleinen zeigt. Der letztere vermag aber einem viel heftigeren Angriff zu widerstehen als die Mücke, weil die Angriffsfläche um das Millionenfache kleiner und weil für ihn überdem ein Schutz in dem Luftmantel gegeben ist. — Die Mücke würde, wenn eine Wiederbenetzung ausbliebe, nach längerer Zeit doch etwas gelockert, weil die Klebmasse mit dem Wechsel der Temperatur sowie mit dem temporär eintretenden schärferen Austrocknen kleine Sprünge bekommt, die sich mit der Zeit erweitern. Für den angepappten Spaltpilz ist diese Gefahr viel geringer, da seine Klebmasse eine viel dünnere Schicht bildet, und für ihn besteht eine Aussicht, unter den angegebenen Verhältnissen in die Luft entführt zu werden, bloss für den Fall, dass irgend eine mechanische Aktion zu Hülfe kommt.

Ebenso verhält es sich, wenn grössere Mengen von Spaltpilzen mit Klebstoffen eintrocken. Selbst bei scharfem Austrocknen bilden sich in der immerhin dünnen und unhomogenen Masse kaum Risse, und dieselben können nie ein Lostrennen einzelner Pilze zur Folge haben. Nur wenn auf mechanischem Wege die angeklebte Masse in ein Pulver

verwandelt wird, vermögen mit den Splittern derselben die Pilze in die Luft zu gelangen, und es unterliegt gar keinem Zweifel, dass die grosse Mehrzahl der als Stäubchen herumfliegenden Spaltpilze diesen Ursprung hat.

Befinden sich aber die Spaltpilze in einer feuchten Atmosphäre, in der das Austrocknen nur unvollständig eintritt, oder enthält die Substanz, vermittelst welcher sie festkleben, eine Verbindung, die eine grosse Verwandtschaft zu Wasser hat und feucht bleibt, so sind sie für immer vor dem Entführen durch einen Luftstrom bewahrt. Dieses Schicksal haben beispielsweise diejenigen Spaltpilze, die an der Oberfläche eines von Zeit zu Zeit durch Auswurfsstoffe verunreinigten Bodens sich befinden. Die organischen Verbindungen des Harns, des Koths, des Küchenspülwassers bilden ein vorzügliches Klebmittel, welches auf einem nicht sehr trockenen Boden längere Zeit zähe bleibt.

Ich habe bis jetzt angenommen, dass die mit einem Klebstoff angetrockneten Spaltpilze entweder gar nicht oder dann wieder mit einer den nämlichen Klebstoff enthaltenden Flüssigkeit benetzt werden. Tritt dagegen Benetzung durch reines Wasser, z. B. durch Regen- oder Brunnenwasser ein, so können die Klebstoffe ausgewaschen werden, und die Spaltpilze zeigen dann das nämliche Verhalten, als ob sie aus reinem Wasser angetrocknet wären. Es ist daher noch zu untersuchen, welche Wahrscheinlichkeit für das Wegführen von Spaltpilzen besteht, die aus Flüssigkeiten ohne wirksame Mengen von Klebstoffen antrocknen. Eine solche Flüssigkeit ist im Allgemeinen das Wasser der Flüsse, Seen, Sümpfe, sowie das Grundwasser. Die organischen Nährstoffe sind hier humussaures Ammoniak, vielleicht auch Ammoniaksalze von andern organischen Säuren und vielleicht einfache, Kohlenstoff und Stickstoff enthaltende Verbindungen.

An der Erdoberfläche, an Steinen und Pflanzen, die

bei Ueberschwemmungen und hohem Stand des Sumpfwassers, ebenso an den Bodentheilen, die bei hohem Grundwasserstande bespült werden, bleiben nach dem Sinken des Wassers Spaltpilze zurück und trocknen fast ohne Klebstoffe ein. Weil auch die Unterlage, wie vorausgesetzt wird, solcher Stoffe entbehrt, so muss der erfolgende Adhäsionsgrad von der Beschaffenheit der Zellmembran abhängen. Da nun die einzelnen Pilze viel zu klein sind, um eine direkte Beobachtung zu gestatten, so kann auf ihr Verhalten nur aus dem Verhalten der morphologisch verwandten Algen sowie aus demjenigen ganzer Spaltpilzlager geschlossen werden.

Was die Algen betrifft, so haften die auf Stein, Holz oder ungeleimtem Papier angetrockneten Zellen um so besser, je dicker und weicher ihre Membranen sind, und solche mit schleimigen Membranen kleben, wie bereits bemerkt, so fest an, dass man sie mit einem Klebmittel nicht besser aufpappen könnte, während Zellen mit derben Membranen wenig oder gar nicht adhäriren.

Bei den Spaltpilzen scheinen, wie bei der verwandten Algengruppe der Nostochinen, alle Festigkeitsgrade in den Zellmembranen vertreten zu sein. Es lassen sich zwar nur die dicken schleimigen oder gallertartigen Membranen direct sehen, und Spaltpilze mit solchen Membranen kleben in ganzen Massen, auch wenn sie in reinem Wasser gewachsen sind, aufs Innigste dem Papier an. Aber schon die Essigmutter, deren Zellen zwar dicke aber ziemlich feste Häute haben, haftet weniger gut. Ueber die Beschaffenheit der äusserst dünnen Membranen, wie sie die meisten Spaltpilze haben, lässt sich im Einzelnen nichts Sicheres aussagen; und es ist bloss im Allgemeinen nach den analogen Erscheinungen wahrscheinlich, dass sie in allen Graden adhäriren.

Sollte aber auch die Adhäsion solcher aus einer Flüssigkeit ohne Klebstoffe angetrockneter Spaltpilze nur eine geringe sein, so werden sie überdem, wenn sie einzeln liegen, durch die ruhende verdichtete Luftschicht so bedeckt und geschützt sein, dass keine Luftströmung sie von einer freien Oberfläche wegzuführen vermag. Bloss von ganzen Flocken, die aus zahlreichen mit einander verbundenen Spaltpilzen bestehen, lässt sich allenfalls annehmen, dass dieselben, da sie mehr vorragen, zuweilen losgerissen werden.

Es ist drittens zu untersuchen, wie sich trocken angeflogene Staubkörperchen bezüglich des Wiederwegführens in die Luft verhalten, wobei natürlich vorausgesetzt wird, dass sie seit dem Anfliegen nie benetzt wurden, weil sie sonst den angetrockneten gleich wären. Solche Körperchen haben im Allgemeinen eine äusserst geringe Adhäsion zu der festen Oberfläche, an der sie sich befinden, weil sie dieselbe nur mit einer kleinen Stelle ihrer runden oder unregelmässigen Gestalt berühren. Doch ist die Adhäsion immerhin so gross, um nicht von dem Gewicht der Körperchen überwunden zu werden, da diese nicht bloss an einer glatten senkrechten Fläche nicht hinunterrutschen, sondern auch von einer horizontalen, abwärts schauenden Fläche nicht hinunterfallen.

Solche trocken angeflogene Körperchen werden von Luftströmungen leicht wieder fortgeführt, insofern sie nicht in dem ruhenden Luftmantel Schutz finden. Bei ihnen ist die Grösse und zwar der zur festen Oberfläche rechtwinklige Durchmesser von entscheidender Bedeutung, weil mit der Zunahme dieses Durchmessers jener Schutz geringer wird. Während kleine vereinzelte Körperchen starken Luftströmungen trotzen, werden grosse Körperchen oder flockenförmige Verbände kleiner Körperchen schon von viel

schwächeren Luftbewegungen fortgerissen. Man kann sich von dieser Thatsache leicht überzeugen, wenn man eine Glasplatte mit Stärkemehl bestreut, dieselbe mit dem Mikroskop betrachtet, dann einen Luftstrom darauf treffen lässt und nachher wieder beobachtet. Uebrigens hängt die Wirkung selbstverständlich von der Richtung des Stromes gegen die feste Oberfläche ab; eine mit derselben parallel gehende Luftbewegung lässt bestimmte Körperchen ruhig liegen, während eine schiefe Bewegung sie wegreisst.

Das Wegführen trocken angeflogener Staubkörperchen durch einen Luftstrom lässt sich in manchen Fällen am besten beurtheilen, wenn man beobachtet, unter welchen Umständen sie anfliegen. Denn es kann natürlicher Weise der bei einer bestimmten Luftbewegung angeflogene Körper nur losgerissen werden, wenn entweder die Luftbewegung bei gleicher Richtung stärker wird, oder wenn sie bei gleicher Stärke eine wirksamere Richtung annimmt. Ich will bezüglich des Anfliegens nur den einen Fall kurz besprechen, wie sich dasselbe in Kanälen gestaltet, weil dieser Fall gerade die wichtigste praktische Anwendung findet.

Lassen wir in einer cylindrischen und genau senkrecht stehenden Glasröhre einen Luftstrom, in welchem Staubkörperchen, z. B. Stärkekörnchen suspendirt sind, aufsteigen, so bedeckt sich die innere Röhrenwand nach und nach mit einem Anflug von Stärkemehl. Die Ursachen dieser Erscheinung sind leicht einzusehen. Die aufsteigende Luft hat bei verschiedenen Abständen von der Peripherie eine ungleiche Geschwindigkeit. Im Innern ist die Geschwindigkeit am grössten; sie nimmt nach der ruhenden Luftschicht, welche die Wandung überzieht, immer mehr ab. Aber diese Abnahme ist keine ganz regelmässige. Zerlegen wir den ganzen Luftcylinder in einzelne Strömungsfäden, so haben diese, und zwar schon wegen der beim

Ein- und Ausströmen eintretenden Unregelmässigkeiten, keinen vollkommen parallelen Verlauf, sondern es findet fortwährend das allmählige Uebertreten von Luftmassen aus einer Region des Querschnittes in eine andere statt. Verfolgt man eine dem blossen Auge deutlich sichtbare Stärkemehlflocke, so bemerkt man oft, dass dieselbe eine Strecke weit aufsteigt und dann wieder hinunterfällt, um später vielleicht wieder aufzusteigen. Nur ein innerer Luftcylinder vermag Körner und Flocken von einer bestimmten Grösse aufwärts zu tragen. In dem ausserhalb dieses Cylinders befindlichen Hohlcylinder sinken sie nieder. Treten sie aber noch näher an die Peripherie und kommen sie in die ruhende Luftschicht und in Berührung mit der Wandung, so bleiben sie fest sitzen.

In einer horizontal- oder schiefliegenden, im Uebrigen aber geraden und cylindrischen Glasröhre ist die Strömung zwar noch ziemlich regelmässig, aber es legt sich eine grössere Zahl von Staubkörperchen auf der unteren Seite des Hohlraums an. In cylindrischen gebogenen, in cylindrischen stellenweise erweiterten oder verengten Röhren, in solchen mit elliptischem Querschnitt wird das Absetzen noch ungleichmässiger und lässt auf ungleich vertheilte und unregelmässige Strömungen schliessen. Streicht die Luft durch Röhren mit sehr kleinem Querschnitt, so muss auch der in weiten Röhren unbewegliche Luftmantel zum grössten Theil strömen. In solchen engen Röhren setzen sich die Staubkörperchen viel weniger leicht an und werden, wenn sie einmal angeflogen sind, durch viel schwächere Luftströmungen weggeführt, als dies in weiten Röhren der Fall ist. Im Uebrigen müssen die Modalitäten dieser Erscheinungen durch eigens hiefür angestellte Versuche ermittelt werden.

Zum Schlusse halte ich es für zweckmässig, noch eine allgemeine Betrachtung über das Entweichen von Staubkörperchen aus einer porösen Substanz und zwar speziell der Spaltpilze aus dem Boden anzustellen, da bei diesem Vorgang die verschiedenen bis jetzt besprochenen Gesichtspunkte in Berücksichtigung kommen. — Der ganze Vorgang zerfällt in zwei Theile: das Ablösen der Pilze von den Bodentheilchen und der Transport derselben durch den Boden bis in die Atmosphäre.

Die Spaltpilze bilden sich nur in einem benetzten Boden und können daraus, so lange die Benetzung andauert, von Luftströmungen noch weniger fortgeführt werden, als von einer freien Fläche. Trocknen sie mit einem Klebstoff an, der in einem durch Auswurfstoffe verunreinigten Boden immer enthalten ist, so sind sie jedenfalls, insoferne nicht eine mechanische Action das Ablösen und Verkleinern wirksam unterstützt, so lange festgebannt, bis der Klebstoff ausgewaschen oder zerstört ist. Ist das Letztere eingetreten, oder sind die Spaltpilze von Anfang an aus Wasser ohne Klebstoff angetrocknet, sò ist die Frage, welchen Grad der Adhäsion sie durch ihre eigene Membran erlangt haben, und welchen Schutz ihnen der ruhende Luftmantel, der alle Bodentheilchen umgiebt, gewährt. Wenn man berücksichtigt, dass die Spaltpilze immer einigermassen adhäriren, und dass sie so klein sind, um von dem Luftmantel ganz eingehüllt zu werden, so könnte man vermuthen, dass die schwachen Luftströmungen des Bodens überhaupt keine in demselben angetrockneten Spaltpilze wegzuführen vermöchten.

Dies wäre indess ein irrthümlicher Schluss. Ebenso wie die Erfahrung uns zeigt, dass die Spaltpilze wirklich aus dem Boden herauskommen, giebt es auch einige Thatsachen, welche uns dieses Herauskommen unter gewissen Umständen als nothwendig voraussehen lassen. Einmal ist

zu berücksichtigen, dass in den engen Poren des Bodens oft beinahe der ganze Luftmantel sich in Bewegung setzen und daher auch die in diesen Poren angetrockneten Stäubchen leichter fortführen wird. Ferner werden sehr häufig die Pilze nicht einzeln, sondern in zusammenhängenden Gruppen an den Bodentheilchen haften. Die Spaltpilze haben nämlich die Neigung, an der Oberfläche von Flüssigkeiten dünne Häute zu bilden. Diess wird auch im Boden der Fall sein. Füllt das Wasser einen capillaren Raum aus, so entsteht auf dem Meniscus desselben, unter dem begünstigenden Einfluss des frei zutretenden Sauerstoffs, ein äusserst zartes Häutchen, welches nach dem Austrocknen von den schwachen Luftströmungen zerrissen werden muss. — In den so mannigfaltig gestalteten kleinen Bodenräumen können sich auch andere Verbände von Spaltpilzen bilden, die im trockenen Zustande als Flocken eine im Verhältniss zu ihrem Querschnitt, der den Strömungen als Angriffsfläche dient, nur geringe Adhäsion zeigen und denen auch wegen ihrer beträchtlicheren Grösse der Luftmantel wenig Schutz gewährt. Den nämlichen Vortheil für den Transport finden die Spaltpilze, wenn sie an lose liegenden, hinreichend leichten Bodentheilchen ankleben.

Für das wichtigste Hilfsmittel indess, welches das Entweichen der Spaltpilze aus dem Boden möglich macht, halte ich die Bewegungen, die in der Masse des Bodens selbst thätig sind und eine unausgesetzte Lockerung der kleinen Theilchen bewirken. Ursache dieser Bewegungen sind die Temperaturveränderungen. Wenn feste Mineralsubstanzen sich um 1° C. erwärmen, so beträgt der mittlere lineare Ausdehnungscoefficient, so weit er bis jetzt bekannt ist, zwischen 0,000000'5 und 0,00004. Nehmen wir denjenigen des Kalkspaths (0,000005) als Massstab für den Kalkboden an, so nimmt 1 Meter bei einer Temperaturänderung von 1° in jeder Richtung um 0,005 mm zu oder

ab, bei einer Temperaturänderung von 10° um 0,05 mm. Es ist dies allerdings eine geringe Bewegung und ohne Belang für die meisten Bodentheile, für die kleinsten derselben aber doch sehr bemerkbar. Die Verschiebung auf 1 m Länge beträgt nämlich in den beiden angenommenen Fällen (bei Temperaturschwankungen von 1 und 10°) 10 und 100 mal die Dicke eines mittelgrossen Spaltpilzes (von 0,5 mik. Durchmesser trocken). Während demnach grössere Körper ihre relative Lage nicht verändern, können Staubkörperchen ganz verschoben werden.

Die beständige Bewegung, in der die Bodentheile wegen der fortwährenden Temperaturveränderungen begriffen sind, muss in einem trockenen Boden um so mehr die Verkleinerung und Lostrennung der Theilchen bewirken, je kleiner dieselben sind und je geringeren Widerstand sie zu leisten vermögen; die Conglomerate von mineralischen Staubkörperchen werden zerrieben, Spaltpilzgruppen und einzelne Spaltpilze von ihrer Unterlage abgestossen. Wie auf der Bodenoberfläche die angetrockneten Spaltpilzmassen durch den Tritt der Menschen und Thiere und durch andere mechanische Ursachen zerkleinert und in Pulver verwandelt werden, erfahren sie das nämliche Schicksal unter der Bodenoberfläche fast allein durch die mit dem Temperaturwechsel verbundenen Bewegungen.

Die dadurch freigemachten Spaltpilze können nun durch Luftströmungen fortgeführt werden, sei es einzeln, sei es zu vielen in Verbänden, sei es auf mikroskopischen Splittern von Bodentheilen, denen sie aufsitzen. Ihr weiteres Schicksal hängt davon ab, ob sie den Weg durch den Boden in die Luft zurückzulegen vermögen oder nicht. Im Allgemeinen treffen sie dabei auf nicht geringe Hindernisse, auch wenn der Boden vollkommen trocken ist und wenn die Luftströmungen die günstigste Richtung einhalten. Es ist ja bekannt, dass die Luft, die man durch eine feinporöse

Substanz, z. B. durch Baumwolle filtrirt, von Staubkörperchen, auch von den kleinsten Spaltpilzen befreit werden kann. Doch erweist sich selbst ein dichter Baumwollpfropf von bestimmter Länge mit seinen so äusserst feinen Poren nur für eine bestimmte Luftgeschwindigkeit und während einer bestimmten Zeit als vollkommenes Filter.

Der poröse Boden verhält sich, wenn die veränderten Verhältnisse in Anschlag gebracht werden, ähnlich wie ein Baumwollpfropf. Er hält die Staubkörperchen je nach seiner Beschaffenheit bis auf eine bestimmte Luftgeschwindigkeit und bis auf eine bestimmte Zeitdauer zurück, und wird über diese Grenze hinaus durchlässig. Im Allgemeinen erfolgt natürlich der Transport um so leichter, je weiter die Poren sind, und steht damit in gewissem Gegensatz zur Produktion der Spaltpilze, für welche in vielen Fällen der aus kleinen Theilen bestehende Boden sich günstiger erweist. Es darf jedoch nicht der umgekehrte Satz aufgestellt werden, dass die Durchlässigkeit des Bodens für Staubkörperchen um so geringer werde, je kleiner die Poren sind; denn das letztere Moment kann, wenn die Luft keinen anderen Ausweg hat, sich gerade als günstig erweisen.

Ueberhaupt lässt sich bezüglich der Frage, wie sich der Transport in einem feinporösen Boden gestalten werde, welche Gunstfälle sich hier den einzelnen Spaltpilzen, den aus vielen Pilzen bestehenden Flocken und den winzigen pilzführenden Bodensplittern sowohl rücksichtlich des Hängenbleibens als rücksichtlich des Weiterfliegens eröffnen, — hierüber lässt sich bei der grossen Mannigfaltigkeit der Möglichkeiten nichts Bestimmtes aussagen. Wir vermögen nur einzusehen, dass für jeden einzelnen Fall der Bodenbeschaffenheit, den wir construiren, der Stillstand und der Fortschritt der Staubkörperchen eine Function der Luftgeschwindigkeit, der Zeitdauer, der Grösse und des Gewichtes der Körperchen ist.

Für den Fall, dass der Boden hinreichend austrocknet, ist also die Möglichkeit immer vorhanden, dass die früher darin entstandenen Spaltpilze in die Luft gelangen. Sie werden aber trotz der Bewegungen im Boden denselben um so weniger verlassen können, je mehr er feucht bleibt und je mehr er mit Auswurfsstoffen verunreinigt ist, weil die Klebstoffe des Harns, des Koths und des Küchenspülwassers in dem Boden nicht leicht so stark austrocknen, dass die vermittelst derselben unter einander und mit den Bodentheilchen zusammenklebenden Spaltpilzmassen in transportabeln Staub zerfallen. Es ist endlich selbstverständlich, dass ein Boden, der von Zeit zu Zeit mit Wasser oder gar mit Auswurfsstoffen benetzt wird, überhaupt keine Spaltpilze in die Luft entlässt.

Ich habe in der heutigen Mittheilung untersucht, was sich aus den bekannten physikalischen Thatsachen auf die verschiedenartigen Bewegungen der Staubkörperchen schliessen lasse. Diese theoretische Betrachtung weist in manchen Punkten auf Lücken in unserem Wissen hin, welche auf experimentellem Wege auszufüllen sind. In Folge dessen haben Herr Dr. Hans Buchner und ich gemeinschaftlich mehrere Versuchsreihen begonnen, welche namentlich die für die Lehre von der Verbreitung der Spaltpilze besonders wichtigen Fragen thatsächlich beantworten sollen. Die gewonnenen Resultate werde ich später ausführlich darlegen.

Für heute beschränke ich mich darauf, das Ergebniss derjenigen Versuche, welche durch den Eingangs erwähnten Widerspruch Soyka's veranlasst wurden, im Voraus kurz mitzutheilen. Nach seinen im hygienischen Institut angestellten Experimenten sollte eine Luftgeschwindigkeit von weniger als 3 cm in der Secunde Spaltpilze von einer faulenden Flüssigkeit (die in verdünntem Blut bestand) losreissen.

Unsere Versuche stehen hiezu im schärfsten Gegensatze. Wir bedienten uns einiger Flüssigkeiten von viel geringerer Klebrigkeit, nämlich faulender ½ prozentiger Fleischextractlösung und faulenden Harns. Gleichwohl war es uns bis jetzt nicht möglich, einen Luftstrom von solcher Stärke hervorzubringen, welcher die nassen oder auch die angetrockneten Spaltpilze wegzuführen vermöchte, weder von der horizontalen Oberfläche der Flüssigkeit noch von benetzten Glaswänden und benetzten feinen Drahtnetzen, noch auch von Glaswänden und Drahtnetzen, auf denen die faulende Flüssigkeit vorher oder während des Luftdurchziehens antrocknete. Die Geschwindigkeit der Luftströmung wurde in den successiven Versuchen gesteigert auf 10 und 20 Meter in der Secunde, also bis zur Heftigkeit des Sturmwindes. Die einzelnen Versuche dauerten 6—8 Stunden.

Bei dem vollkommenen Widerspruche, in dem sich unsere Ergebnisse mit den Soyka'schen befinden, muss bei der Gewinnung der einen oder anderen ein experimenteller Fehler untergelaufen sein. Um unser Verfahren klar zu stellen und zu rechtfertigen, bemerke ich über Versuchsanordnung und Controlversuche Folgendes.

Wir bedienten uns dreifach gebogener Glasröhren, die an beiden Enden mit Baumwollpfropfen verschlossen waren. In der einen Biegung befand sich die faulende Flüssigkeit, in der andern eine durch Erhitzen pilzfrei gemachte Nährlösung. Die durchgezogene Luft strich zuerst über jene, dann über diese. — Controlversuche beweisen die vollkommene Leistungsfähigkeit der gebogenen Röhren und widerlegen den von Soyka in dieser Beziehung erhobenen Einwurf.

Die durch den Apparat hindurchgehende Luft muss pilzfrei sein, weil der Versuch zeigen soll, ob dieselbe von der faulenden Flüssigkeit Pilze oder deren Keime fortführe und damit die pilzfreie Nährlösung infizire. Zum Reinigen

der Luft empfiehlt sich am meisten ein Baumwollpfropf, der auch von jeher als staubdichter Verschluss von Versuchsflaschen angewendet worden ist. Da es sich aber in diesem Falle nicht wie gewöhnlich um einen Verschluss gegen ruhende oder nur unmerklich bewegte Luft, sondern gegen einen durchgehenden Luftstrom von grösserer Geschwindigkeit handelte, so musste die Leistungsfähigkeit des Pfropfs in dieser Beziehung zuerst festgestellt werden.

Diese Controlversuche ergaben, dass kein Baumwollpfropf absolut brauchbar ist. Seine Leistungsfähigkeit hängt ab von seiner Dichtigkeit und Länge, von der Geschwindigkeit des durchgehenden Luftstroms und von der Zeitdauer desselben. Ich führe beispielsweise an, dass ein möglichst dichter Pfropf von 2 cm Länge (die lockeren Enden nicht gerechnet) sich schon für eine kurze Versuchsdauer nicht mehr als staubdicht erweist, wenn die durchstreichende Luft in einer leeren Röhre von gleichem Querschnitt die Geschwindigkeit von 10—12 cm in der Secunde erreicht (die Geschwindigkeit in den Poren des Baumwollpfropfes ist natürlich viel grösser).

Es ergibt sich hieraus, dass für jeden Versuch der Verschluss geprüft werden musste. War der letztere nicht ausreichend, so wurde die pilzfreie und klare Nährlösung inficirt und getrübt, aber, insofern einer der vorhin genannten Versuchsapparate angewendet wurde, nicht durch die von der faulenden Flüssigkeit entführten, sondern durch die mit der Luft durch den Pfropf hindurch gegangenen Pilze. Die Richtigkeit dieser Deutung ergab sich schon aus der mikroskopischen Untersuchung, indem wir in der getrübten Nährlösung die verschiedenen in der Luft vorkommenden Spaltpilzformen und darunter auch solche fanden, die der in Fäulniss versetzten Flüssigkeit mangelten.

Sehr überzeugend sind auch folgende Versuche. Es wurden mehrere Apparate, von denen jeder aus einer drei-

fach gebogenen Röhre mit einer faulenden Flüssigkeit und einer pilzfreien Nährlösung bestand, durch Kautschukröhren verbunden. Die einzelnen Apparate, die durch ihre Verkoppelung eine einzige Leitung darstellten, seien durch I, II, III, IV, V bezeichnet. Da jeder Apparat an beiden Enden mit einem Baumwollpfropf versehen war, so wurde die in I eintretende Luft durch 1, die in II eintretende Luft durch 3 Pfropfe filtrirt, ebenso die Luft in III durch 5, die in IV durch 7, die in V durch 9 Pfropfe.

Es hing nun lediglich von der Geschwindigkeit der durchgehenden Luftströmung ab, ob in keinem der einzelnen Apparate, ob in allen oder nur in den ersten (in I, oder I und II, oder I, II und III) die pilzfreie Nährlösung inficirt wurde. Da bei jedem einzelnen Versuch die Strömungsgeschwindigkeit in allen Apparaten die nämliche war, so konnte das ungleiche Verhalten derselben nur von der ungleichen Filtration der Luft herrühren. Dies zeigte sich auch bei partieller Infection ausserordentlich deutlich in dem Umstande, dass z. B. in I die Nährlösung rasch und stark, in II langsam und schwach getrübt wurde, während die Trübung in den folgenden Apparaten ganz ausblieb. Solche Versuche thun in zwingender Weise dar, dass die angewendete Luftgeschwindigkeit von den faulenden Flüssigkeiten nichts entführte.

Was alle übrigen Versuche betrifft, so ist bei denselben das negative Resultat immer entscheidend und lässt keine andere Deutung zu. Bleibt z. B. bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 20 Metern in der Secunde die Infection der pilzfreien Nährlösung aus, so wird dadurch bewiesen, nicht nur dass der angewendete Verschluss staubdicht war, sondern auch dass von der faulenden Flüssigkeit nichts weggeführt wurde.

Man könnte nur den einen Einwurf machen, dass die von der faulenden Flüssigkeit weggeführten Pilze wegen

der grossen Luftgeschwindigkeit bei der pilzfreien Nährflüssigkeit vorbeiflogen und desshalb dieselbe nicht inficirten. Diesem Einwurf wurde aber zum Voraus dadurch begegnet, dass die bei der Nährlösung vorbeigegangene Luft durch einen besondern über derselben befindlichen Baumwollpfropf hindurchstreichen musste, in welchem die Pilze, die sie allenfalls mitbrachte, zurückgeblieben wären. Der genannte Pfropf wurde nach dem Versuch in die Nährlösung hinuntergestossen, sodass also dieser keine von der faulenden Flüssigkeit weggerissenen Pilze entgehen konnten.

Die angeführten Thatsachen sind für die daraus zu ziehenden Schlüsse durchaus zwingend, und befriedigen um so mehr, als sie mit den physikalischen Gesetzen und mit anderweitigen Versuchen im Einklange stehen.[1]) Wir werden daher zu der Vermuthung gedrängt, dass der schwache Punkt in den Versuchen Soyka's die ungenügende Filtration der Luft ist. Derselbe bemerkt zwar, dass er den Baumwollverschluss als genügendes Mittel, um Pilze abzuhalten, erprobt habe. Er scheint aber dieser Frage weniger Aufmerksamkeit geschenkt zu haben, da er nichts Näheres über die betreffenden Versuche sagt und da ihm die wichtige Thatsache, dass jeder Pfropf nur eine beschränkte Staubdichtigkeit besitzt, entgangen zu sein scheint. Auch hat derselbe nicht die inficirte Nährlösung mikroskopisch untersucht, um sich davon zu überzeugen, dass dieselbe die Pilze aus der faulenden Blutflüssigkeit und nicht etwa Pilze aus der Luft enthalte. Endlich konnte der von ihm angewendete Verschluss, wenn aus den Dimensionen des Apparates die Geschwindigkeit der durchstreichenden Luft be-

1) Bei meinen früheren Versuchen (1873) hatte ich ungereinigte Luft durch Kies gezogen, welcher mit faulender Flüssigkeit benetzt worden war, und dabei gefunden, dass die Luft nicht nur keine Pilze oder Pilzkeime daraus entführte, sondern auch diejenigen, die sie enthielt, darin zurückliess, also filtrirt wurde.

rechnet wird, nach unseren Versuchen unmöglich staubdicht sein.

Aus den Soyka'schen Versuchen wurde von Pettenkofer und Andern der Schluss gezogen, dass aus einem verunreinigten feuchten Boden schon von den schwächsten Luftströmungen Spaltpilze in die Luft geführt werden und dass meine gegentheiligen Behauptungen damit widerlegt seien. Da nun die genannten Versuche sich als unrichtig erwiesen haben, so fallen auch die daraus gezogenen Schlussfolgerungen hinweg, welche ohnehin, weil im Widerspruche mit meinen früheren direkten Versuchen mit benetztem Kiesboden, gewagt waren.

Wir haben zu unseren jetzigen Versuchen vorzugsweise faulenden Harn benützt, weil sie dadurch für die Beurtheilung der Bodenverunreinigung besonders brauchbar werden. Die gewonnenen Resultate, wonach selbst die stärkste Luftströmung von einer mit dieser Flüssigkeit benetzten oder mit derselben angetrockneten Oberfläche keine Pilze oder Pilzkeime wegzuführen vermag, bestätigen abermals die Richtigkeit der Behauptung, dass die Bodenverunreinigung nicht bloss unschädlich, sondern selbst entschieden nützlich sei, und dass ein Boden, je ausgiebiger und häufiger derselbe mit Auswurfsstoffen verunreinigt wird, um so weniger schädliche Keime in die Luft entweichen lassen kann.

Ueber Wärmetönung bei Fermentwirkungen.

In der „Theorie der Gärung“ habe ich die Wirkung der (unorganisirten) Fermente und der (organisirten) Hefenpilze mit einander verglichen und im Gegensatze zu den herrschenden Ansichten gezeigt, dass zwischen beiden Processen nicht Uebereinstimmung, sondern gerade in den massgebenden Eigenschaften eine charakteristische Verschiedenheit besteht. Unter den Momenten, welche diese Verschiedenheit bedingen, betrifft eines die Wärmetönung, indem bei dem einzigen Gärprocess, den wir genau kennen, nämlich bei der Alkoholgärung, sicher Wärme frei, bei dem einzigen Process der Fermentwirkung, den wir etwas genauer kennen, nämlich bei der Invertirung des Rohrzuckers, höchst wahrscheinlich Wärme aufgenommen wird.

Gegen diese Theorie hat sich A. Kunkel[1]) ausgesprochen. Nach seiner Darlegung würde bei der Invertirung des Rohrzuckers (durch Invertin oder Schwefelsäure) nicht Wärme aufgenommen, sondern abgegeben, und es würde somit die Wärmetönung bei der Fermentwirkung die nämliche sein wie bei der Gärwirkung.[2]) Doch muss ich, auch nach dieser Darlegung, für meine Theorie noch den näm-

1) Ueber Wärmetönung bei den Fermentationen in Pflüger's Archiv f. Phys. Bd. XX, S. 509.

2) Bezüglich der Terminologie habe ich in der „Theorie der Gärung“ bereits bemerkt, dass ich Fermentwirkung nur als Concession an den jetzt allgemein gewordenen Sprachgebrauch im Gegensatz zu Gär-

lichen Grad von Wahrscheinlichkeit in Anspruch nehmen wie früher.

Als ersten Grund führte ich die Verbrennungswärmen von Rohrzucker und Traubenzucker an, wie sie von Frankland angegeben worden waren. Zunächst ergreife ich diese Gelegenheit zu einer Berichtigung von Zahlen. Aus den Berechnungen für die zwei bekannten Traubenzuckerarten, den hartkrystallisirten mit der Formel $(C_6 H_{12} O_6) 2 + H_2 O$ und den gewöhnlichen mit der Formel $C_6 H_{12} O_6 + H_2 O$ ist die den ersteren betreffende Zahl 1,1053 aus Versehen statt der Zahl des letzteren 1,1579 in die Abhandlung aufgenommen worden. Die betreffende Stelle muss, da Frankland unzweifelhaft gewöhnlichen Traubenzucker untersuchte, demnach folgender Massen lauten.

Nach Frankland werden bei der Verbrennung von 1 g Rohrzucker 3348, bei der Verbrennung von 1 g Traubenzucker (krystall.) 3277 Cal. frei. 1 g Rohrzucker entspricht 1,1579 krystall. Traubenzucker; letztere aber liefern beim Verbrennen 3794 Cal. Also nimmt der Rohrzucker bei der Invertirung durch Fermente, insofern wir den Invertzucker in dieser Beziehung dem Traubenzucker gleichsetzen dürfen, Wärme auf und zwar im Verhältniss von 3348 zu 3794 oder von 100 zu 113,3.

Die Differenz zwischen den beiden Verbrennungswärmen ist also noch grösser, als ich sie angegeben hatte, nämlich 13,3 statt 8 Proc. Gegen meine Berechnung macht Kunkel geltend, dass die Frankland'schen Zahlen nicht den Grad

---

oder Hefenwirkung gebrauche, und dass der richtige Name für die sog. „unorganisirten Fermente" eigentlich „organische Contactsubstanzen" wäre. Aber noch weniger zweckmässig würde mir scheinen, für die Umsetzung durch unorganisirte Fermente mit Kunkel „Fermentation" zu sagen, weil dieser Ausdruck schon im Lateinischen, besonders aber in den neueren Sprachen (französisch, italienisch, englisch etc.) Gärung durch Hefe bedeutet.

von Genauigkeit und Zuverlässigkeit besitzen, um einen solch subtilen Schluss darauf zu stützen, indem die Zahlen für die Verbrennungswärme von Rohrzucker und Traubenzucker 3347 und 3277 nur um 2,1 Proz. des ganzen Werthes von einander abweichen.

Hiegegen ist zuvörderst bezüglich der Berechnung zu erwidern, dass, wenn wir aus der Verbrennungswärme auf die Menge der gebundenen Wärme schliessen wollen, doch nicht gleiche, sondern nur äquivalente Gewichtsmengen der beiden Zuckerarten verglichen werden dürfen und dass die Differenz der Verbrennungswärmen, auf den Traubenzucker bezogen, daher nicht 2,1 Proz. mit negativem Vorzeichen, sondern 13,3 Proz. mit positivem Vorzeichen beträgt. Nicht 1 g sondern 1,1579 g krystallisirter Traubenzucker erfordern zur Verbrennung die gleiche Menge Sauerstoff und geben die gleichen Verbrennungsmengen von Kohlensäure und Wasser wie 1 g Rohrzucker. Die auf diese Weise sich ergebende Differenz von + 13,3 Proz. in den Verbrennungswärmen wird aber noch durch zwei Umstände vergrössert, nämlich durch das Krystallwasser und das hygroskopische Wasser.

Da Frankland krystallisirten Traubenzucker verwendete, so erhielt er um so viel weniger Wärme als bei der Krystallisation frei geworden war; denn die Verbrennungswärme von wasserfreiem Traubenzucker ist gleich der Verbrennungswärme einer äquivalenten Menge von krystallisirtem Traubenzucker, weniger die Krystallisationswärme. — Da ferner die beiden Zuckerarten Frankland's nicht getrocknet waren, so musste die Verbrennungswärme des Traubenzuckers verhältnissmässig geringer ausfallen; denn es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass derselbe mehr hygroskopisches Wasser enthielt als der Rohrzucker.

Der beträchtliche Unterschied in der gebundenen Wärme der beiden Zuckerarten, der aus den Frankland'schen

Resultaten sich ergiebt, scheint mir doch nicht so ohne Weiteres vernachlässigt werden zu dürfen. Ich würde zwar Anstand genommen haben, jene Resultate gegenüber einer bestimmten gegentheiligen Thatsache als Beweis anzuführen. Sie mussten aber einiges Gewicht in die Wagschale legen, da für die Meinung, dass bei der Fermentwirkung Wärme frei werde, gar kein thatsächlicher Grund vorhanden war, indem die einzig angesprochene Analogie der unorganisirten Fermente mit den Hefenzellen offenbar als nicht zutreffend erschien. Und wenn auch die Methode, deren sich Frankland bediente, wie er selber sagt, weniger genau ist, als die gewöhnlich angewendeten calorimetrischen Methoden, so hat er doch alle erforderlichen Correcturen angebracht und nach seiner Meinung dadurch die Ergebnisse für gewisse Zwecke hinreichend brauchbar gemacht.[1]) Wenn also auf der einen Seite gar nichts für Wärmeabgabe spricht, auf der andern Seite aber eine Angabe von einem kundigen und umsichtigen Beobachter vorliegt, welche die Wärmeaufnahme darthut, so verlangt die Logik, die letztere als wahrscheinlich anzunehmen, bis das Gegentheil nahegelegt oder nachgewiesen wird.[2])

Die Wahrscheinlichkeit, dass der Traubenzucker eine grössere Menge von gebundener Wärme enthalte als der Rohrzucker, wurde für mich sehr bedeutend erhöht und

1) In der von Kunkel citirten betreffenden Stelle aus der Abhandlung Frankland's sind die nicht unwichtigen Worte „with the corrections described below" weggeblieben.

2) In der jüngsten Zeit sind Verbrennungswärmen von Rohrzucker durch Stohmann bekannt geworden, welche merklich höhere Ziffern darstellen als die Frankland'schen Resultate. Sie können aber nicht verwerthet werden, so lange nicht Traubenzucker oder Invertzucker nach der nämlichen Methode untersucht ist. Bis dahin behalten die Frankland'schen Zahlen ihren wahrscheinlichen Werth, da sie für die beiden Zuckerarten auf die nämliche Weise gewonnen wurden und daher wohl auch mit den gleichen Fehlerquellen behaftet sind.

nahezu zur Gewissheit erhoben durch die Vergleichung der spezifischen Gewichte und der Molecularvolumina. Leider ist das spezifische Gewicht des wasserfreien Traubenzuckers nicht ermittelt. Indessen reicht die Betrachtung, welche sich an das spezifische Gewicht des krystallisirten Traubenzuckers knüpfen lässt, für die vorliegende Frage vollkommen aus. Die spezifischen Volumina (Volumen der Gewichtseinheit Wasser = 1) oder auch die Molecular-Volumina des Traubenzuckers und der äquivalenten Menge Rohrzucker + Wasser verhalten sich wie 106 : 100 oder 107 : 100, je nach den Werthen, die man für die spezifischen Gewichte von Rohrzucker und Traubenzucker annimmt. Würde also der Rohrzucker bei der Invertirung vollständig in krystallisirten Traubenzucker übergehen, so müsste er sammt der zugehörigen Menge Wasser sich um 6 bis 7 Proz. ausdehnen. Jedenfalls gilt dies für die eine Hälfte des Rohrzuckers, die zu Traubenzucker wird, und von der andern Hälfte, die zu Levulose wird, darf man mit Wahrscheinlichkeit eine analoge Volumenzunahme erwarten.[1])

Nun ist es zwar, wie Kunkel richtig bemerkt, bis jetzt den Physikern nicht gelungen, durchgehende gesetzmässige Beziehungen des Molecularvolumens fester Verbindungen zu begründen. Allein um diese allgemeine Frage handelt es sich hier eigentlich nicht, sondern nur darum, ob bei einer chemischen Umsetzung fester Verbindungen die Aenderung des Volumens mit einer gleichsinnigen Aenderung der gebundenen Wärme zusammentreffe und inwiefern Ausnahmen

---

1) Der Milchzucker, welcher in analoger Weise wie der Rohrzucker in 2 isomere Verbindungen invertirt wird, nämlich in Dextrose (Traubenzucker) und Galactose, steht auch bezüglich des Volumens in einem gleichen Verhältniss zum Traubenzucker wie der Rohrzucker. Das Volumen von 1 Mol. krystallisirtem Milchzucker ($C_{12}\,H_{24}\,O_{12}$) + 2 Mol. Wasser ($H_4\,O_2$) verhält sich zum Volumen von 2 Mol. krystallisirtem Traubenzucker ($C_{12}\,H_{28}\,O_{14}$) wie 100 : 106,1.

von dieser Regel auftreten. Wie ich glaube, trifft beim Uebergang einer organischen Verbindung in eine andere von analoger Constitution und gleichem chemischen Charakter, wie dies bei den Umsetzungen der Zuckerarten und überhaupt der Kohlenhydrate der Fall ist, allgemein Volumenzunahme mit Wärmeaufnahme und Volumenverminderung mit Wärmeabgabe zusammen. Diese Regel hat aber keine Gültigkeit mehr, wenn die Constitution oder der chemische Charakter eine Aenderung erfährt, wie dies dann der Fall ist, wenn z. B. ein Alkohol oder ein Aldehyd in eine Säure übergeht.

Kunkel meint gewichtige Einwände gegen meine Ansicht machen zu können, indem er sagt, das Beispiel des Rohrzuckers zeige uns gerade, wie weit mit geringen Zustandsänderungen fester Körper das spezifische Gewicht variire; — dasselbe werde für den krystallisirten (Kandis-) Zucker sehr übereinstimmend zu 1,59, für den amorphen (Gersten-)Zucker zu 1,509 von Biot angegeben; — nun krystallisire der Traubenzucker mit Krystallwasser, der Rohrzucker ohne solches: auch das Krystallsystem, in dem beide krystallisiren, sei verschieden, — wie diese Umstände auf das spezifische Gewicht einwirken, sei uns vorderhand ganz unbekannt.

Ueber diese Dinge giebt indess die Physik, soweit es für die vorliegende Frage erforderlich ist, genügenden und für meine Theorie durchaus günstigen Aufschluss. Was den amorphen und krystallisirten Zustand betrifft, so kann nach den Beobachtungen von Berthelot beim Uebergang verschiedener Salze aus dem ersteren in den zweiten Wärme frei werden. Damit stimmt der Umstand, dass der amorphe Gerstenzucker ein geringeres spezifisches Gewicht, somit ein grösseres spezifisches Volumen besitzt als der krystallisirte Kandiszucker, vortrefflich überein. Es ist sicher, dass auch die Verbrennungswärme des ersteren, wenn einmal der Ver-

such gemacht wird, grösser ausfallen wird als die des zweiten.[1]) Uebereinstimmende Thatsachen sind ferner, dass dem Diamant unter den verschiedenen Formen, in denen der Kohlenstoff bekannt ist, das kleinste specifische Volumen und die geringste Verbrennungswärme zukommt, dass der krystallisirte Schwefel ein kleineres Volumen und eine geringere Verbrennungswärme hat als der amorphe, dass bei der isomeren Umwandlung des amorphen Siliciums in krystallisirtes Wärme frei wird u. s. w.

Damit soll nicht gesagt sein, dass der krystallisirte Zustand immer das kleinere Volumen und die kleinere Menge von gebundener Wärme darstelle. Es soll nur die Abhängigkeit der beiden Erscheinungen von einander gezeigt werden. Ebenso gut kann die amorphe Substanz, wenn sie krystallisirt, ihr Volumen und ihre Spannkraft vermehren. — Nicht anders wird es sich verhalten, wenn die nämliche Substanz in zwei verschiedenen Systemen krystallisirt. Alle Analogie weist darauf hin, dass auch in diesem Falle Aenderung des Volumens und der gebundenen Wärme im gleichen Sinne erfolgen, und dass etwa an eine spezifische Wirkung des Krystallsystems auf die Wärmetönung, ohne dass dieselbe eine entsprechende Aenderung des spezifischen Gewichtes zur Folge hätte, mit einiger Wahrscheinlichkeit nicht gedacht werden darf.

Was das Krystallwasser betrifft, so ist es wohl eine ausnahmslose Erscheinung, dass bei der Krystallisation die Verbindung sammt dem eintretenden Wasser sich unter Wärmeabgabe verdichtet. Diese Volumenabnahme beträgt bei verschiedenen unorganischen Salzen 12 bis 21 Proz. Sie muss auch bei der Krystallisation des Traubenzuckers eintreten. Wenn daher der letztere ein um 6 bis 7 Proz.

1) Diese Annahme wird auch durch den Umstand unterstützt, dass die Wärmecapacität des amorphen Rohrzuckers grösser ist als die des krystallisirten.

grösseres Volumen einnimmt als die äquivalente Menge von Rohrzucker + Wasser, so muss der Unterschied im Volumen zwischen wasserfreiem Traubenzucker und der entsprechenden Menge von Rohrzucker + Wasser noch beträchtlich grösser sein, und dürfte nach Analogie der wasserfreien und wasserhaltigen krystallisirten Salze nicht weniger als 12, wahrscheinlich aber 13 Proz. betragen, woraus um so sicherer auf eine grössere Menge von gebundener Wärme im Traubenzucker gegenüber dem Rohrzucker geschlossen werden darf.

Kunkel macht ferner gegen meine Theorie einen ganz allgemeinen Einwurf, mit dem er ihre physikalische Unhaltbarkeit darzuthun sucht. Da die Stelle nicht ganz klar ist, muss ich sie wörtlich anführen. Er sagt, nach meiner Ansicht wirke das Ferment als Contactsubstanz und „vermittle bloss die Uebertragung von Kraft; — es verwandle die freie Wärme des Mediums, in dem es sich befindet, in Bewegung seiner Molecüle und ihrer Theile und theile diese Spannkraft[1]) wieder den Molecülen der zu zerlegenden Verbindung mit" (dies sind meine eigenen Worte). Dann fährt er fort: „Nach dieser Definition wären die Fermente im Stande, durch ihre blosse Gegenwart freie

---

1) Kunkel beanstandet diesen Ausdruck mit (?). Es scheint ihm der Gedanke vorgeschwebt zu haben, eine Bewegung der Molecüle und ihrer Theile könne doch keine Spannkraft sein. Bekanntlich aber versteht man unter Spannkraft eines Körpers oder eines materiellen Systems, drei ihrer Natur nach wesentlich verschiedene Dinge, die jedoch wegen ihrer gleichartigen Wirkung unter den gleichen allgemeinen Begriff der Spannkraft zusammengefasst und der lebendigen Kraft gegenüber gestellt werden, 1) die anziehenden und abstossenden Kräfte, die zwischen dem Körper und andern Körpern bestehen, 2) die Spannungszustände seiner Theile und 3) die Bewegungszustände seiner Theile. Und gerade das Letztere bezeichnet man häufig als Spannkraft, wie z. B. die Spannkraft der Dämpfe beweist, welche ausschliesslich durch die Bewegung der Gasmolecüle zu Stande kommt. Die lebendige Kraft eines Theils stellt immer ein Moment in der Spannkraft des Ganzen dar.

Wärme in potentielle Energie zu verwandeln, und da eine bestimmte Fermentmenge eine geradezu unbegrenzte Wirkung ausübt, so hätten wir darnach im Fermente ein Mittel, in einer Lösung von etwa 30° C. (ohne Zuhilfenahme von Licht oder sonst einem entsprechenden mechanischen Aequivalent) freie Wärme in unbegrenzter Weise in Spannkraft zu verwandeln. Eine solche Auffassung widerspricht aber aller Erfahrung, die man über Energieänderung besitzt."

Ich weiss nicht recht, worin der Schwerpunkt dieser Kritik liegen und gegen welches physikalische Gesetz ich mich vergangen haben soll. Es möchte ja fast scheinen, als ob ich mich eines neuen Perpetuum mobile schuldig gemacht hätte. Daran ist so viel richtig, dass ich, wie aus meiner Darstellung klar hervorgeht, das katalytisch wirkende Molekül als eine kleine Maschine betrachte, welche von der umgebenden freien Wärme gleichsam geladen wird und ihre Kraft an die zu zerlegende Substanz abgiebt. Wenn daraus die Möglichkeit einer unbegrenzten Kraftübertragung gefolgert wird, so ist dies für die gleichen Voraussetzungen unbestreitbar. Wenn ein Gewehr immer wieder geladen wird, kann man es, so lange es sich nicht abnützt, immer wieder abschiessen; — und da ein Molekül von Schwefelsäure oder von Diastase, Pepsin u. dgl. sich nicht abnützt, so kann es auf unbegrenzte Dauer immer wieder in den wirkungsfähigen Zustand versetzt werden. Das hat aber die Fermentwirkung mit jeder physikalischen oder chemischen Aktion gemein, indem ein Vorgang, der einmal möglich ist, unter den gleichen Bedingungen immer von Neuem möglich ist.

Es wäre also noch die Frage, ob freie Wärme, ohne Zuhülfenahme von Licht oder einem andern mechanischen Aequivalent, in Spannkraft verwandelt werden kann, und hiefür giebt es ja eine Menge von Beispielen. Man denke an die Verdunstung, bei welcher Wärme in Spannkraft

der Dämpfe übergebt, — an jede Temperaturerhöhung eines Körpers, bei welcher freie Wärme gebunden wird (spezifische Wärme, Wärmecapacität), — an die Zersetzung durch erhöhte Temperatur, wobei freie Wärme zu chemischer Spannkraft wird, — so wie an alle andern Leistungen der Wärme. Ich könnte selbst die Vegetation der Pilze anführen, welche in vollständiger Dunkelheit leben und dabei von nicht gärfähigen Verbindungen (im natürlichen Zustande von humussaurem Ammoniak, bei künstlichen Versuchen von essigsaurem Ammoniak) sich nähren können, wobei jedenfalls die Bewegung, welche die freie Wärme verursacht, einen Theil der Arbeit übernimmt.

Fast möchte man glauben, dass der Kritik undeutlich das unter dem Namen der Entropie bekannte Gesetz der mechanischen Wärmetheorie vorgeschwebt hat, wonach die freie Wärme nie vollständig in mechanische Spannkraft zurückverwandelt werden kann. Selbstverständlich findet dieses Gesetz keine Anwendung auf den vorliegenden Fall, bei dem nur ein kleiner Theil der verfügbaren freien Wärme gebunden wird.

Nachdem Kunkel durch die bis jetzt besprochenen Ausstellungen gezeigt zu haben glaubt, dass meine Theorie von den Fermentwirkungen auf schwachen Füssen stehe, will er dieselbe durch Resultate eigener Versuche direkt widerlegen. Er versetzte Rohrzuckerlösungen mit aus Bierhefe gewonnenem Ferment, ferner mit Schwefelsäure, und beobachtete eine während der Invertirung eintretende Temperaturerhöhung, in Uebereinstimmung mit einer früheren Angabe von Graham, Hofmann und Redwood, dass in einer Rohrzuckerlösung vor dem Eintritt der Gärung eine vorübergehende deutliche Erhöhung des spezifischen Gewichtes stattfinde.

Diese zwar vorauszusehende, aber immerhin sehr dankenswerthe Beobachtung, dass eine sich invertirende

Rohrzuckerlösung Wärme entwickelt,[1]) hat mich zu der gegenwärtigen Erwiderung veranlasst, weil die scheinbare Widerlegung meiner Theorie durch eine Thatsache ohne genauere Berücksichtigung der mitwirkenden Ursachen leicht für eine begründete gehalten werden möchte.

Dass eine invertirende Rohrzuckerlösung sich verdichte und erwärme, liess sich zum Voraus mit grösster Wahrscheinlichkeit aus einer Vergleichung des spezifischen Gewichtes von Rohr- und Traubenzuckerlösungen erwarten.

---

1) Ich betrachte dies als Thatsache, weil schon die Verdichtung der Lösung eine Steigerung der Temperatur verlangt, während der experimentelle Beweis wegen eines schwachen Punktes nicht ohne Weiteres als vollgültig erscheint. Um zu zeigen, dass die Temperaturerhöhung nicht etwa auf allenfallsige Contraction beim Mischen der beiden Flüssigkeiten zurückzuführen sei, stellte Kunkel einen Kontrolversuch an, bei welchem die Schwefelsäure, statt mit Zuckerlösung, mit Wasser vermischt wurde.

Die Mischung von Schwefelsäure und Wasser ergab eine sofortige Temperaturerhöhung um mehr als 2° und dann eine 5 Minuten dauernde allmälige Abnahme der Temperatur. Wenn ein in gleicher Weise angestellter und damit zu vergleichender Versuch bei der Mischung von Schwefelsäure und Zuckerlösung ebenfalls eine sofortige Erwärmung und dann eine viel langsamere Abkühlung ergeben hätte, so könnte man mit grosser Wahrscheinlichkeit diese langsamere Abkühlung auf Rechnung einer vorhandenen Wärmequelle setzen. Nun aber trat beim Vermischen von Zuckerlösung und Säure nicht, wie man erwarten möchte, eine Erhöhung, sondern eine geringe Erniedrigung der Temperatur (um 0,07° C) ein; die Anfangstemperatur wurde nach 2 Minuten erreicht. Die Wärme stieg dann noch während 2 folgenden Minuten (im Maximum 0,09° C über die Anfangstemperatur) und verminderte sich nachher während 6—7 Minuten ganz allmälig.

Dieses auffallende Versuchsergebniss, namentlich das Ausbleiben einer anfänglichen Erwärmung hätte eine Klarlegung verdient, um den naheliegenden Einwurf zu entkräften, die Ursache der Verschiedenheit zwischen Zuckerlösung und Wasser bezüglich der Wärmetönung beruhe darin, dass die erstere sich langsamer mit Schwefelsäure vermische und die freie Wärme langsamer abgebe, als das letztere. Ich zweifle nicht daran, dass ein solcher Einwurf sich experimentell beseitigen liesse.

Dieselben besitzen nämlich nahezu das gleiche spezifische Gewicht, wenn gleiche Gewichtsmengen von Rohrzucker und von wasserfreiem Traubenzucker in Wasser gelöst sind. Vergleicht man aber, was für die vorliegende Frage allein zulässig ist, äquivalente Mengen mit einander, so besitzt die Traubenzuckerlösung wenigstens bis zu einem bestimmten Prozentgehalt stets eine grössere Dichtigkeit. In der folgenden Tabelle habe ich einige zur Vergleichung berechnete Werthe zusammengestellt; sie gründen sich auf die von Pohl für die beiden Zuckerarten gefundenen Werthe.

Rohrzucker		Traubenzucker	
Prozente an Zucker	Dichtigkeit der Lösung	Prozente an Zucker	Dichtigkeit der Lösung
2	1,0080	2,10526	1,00855
5	1,0201	5,26316	1,02099
10	1,0405	10,52632	1,04255
15	1,0616	15,78947	1,06464
20	1,0838	21,05263	1,08719
25	1,1068	26,31579	1,10701

Die dritte Verticalcolumne enthält die Mengen von wasserfreiem Traubenzucker, welche den Rohrzuckermengen der ersten Verticalcolumne entsprechen. Die Differenzen der Lösungsdichtigkeit steigen bis zu einem Gehalt von 20 Proz. Rohrzucker, und nehmen bei einem Gehalt von 25 Proz. Rohrzucker sehr stark ab. Wenn dies nicht etwa, was aber sehr unwahrscheinlich ist, von fehlerhafter Angabe der betreffenden Zahlen des spezifischen Gewichtes herrührt, so dürfte bei noch grösserer Concentration der Lösung der Dichtigkeitsunterschied bald verschwinden und dann das entgegengesetzte Vorzeichen annehmen, so dass also eine 30 oder 35 prozentige Rohrzuckerlösung ein grösseres spezifisches Gewicht hätte als die entsprechende Traubenzuckerlösung. Diese Umkehrung würde sich leicht begreifen, da die Traubenzuckerlösung mit den entsprechenden Prozent-

gehalten bereits dem Sättigungspunkt entgegengeht, während die Rohrzuckerlösung noch weit davon entfernt ist.

Lösungen von Traubenzucker, die nicht über 26 Proz. wasserfreier Substanz enthalten, besitzen also ein grösseres spezifisches Gewicht als die äquivalenten Rohrzuckerlösungen, und wenn die letzteren in die ersteren übergehen könnten, so müsste in Folge der eintretenden Verdichtung Wärme frei werden. In Wirklichkeit geht bei der Invertirung nur die Hälfte Rohrzucker in Traubenzucker, die andere Hälfte in Levulose über. Ich habe als wahrscheinlich angenommen, dass die beiden Hälften des Invertzuckers in ihren physikalischen Eigenschaften sich ähnlich, wenigstens nicht sehr ungleich verhalten. Diese Annahme findet nun wenigstens in einem Punkte experimentelle Bestätigung, indem der Uebergang von Rohrzucker in Invertzucker sich bezüglich der Dichtigkeit der Lösung und der Wärmetönung so verhält, wie sich der Uebergang von Rohrzucker in Traubenzucker verhalten würde.

In welcher Beziehung steht nun aber die Thatsache, dass eine Rohrzuckerlösung bei der Invertirung sich verdichtet und erwärmt, zu meiner Annahme, dass durch die Fermentwirkung Wärme von der Substanz aufgenommen und Produkte mit grösserer Spannkraft gebildet werden? Auf den ersten Anlauf möchte es scheinen, dass der Invertzucker weniger gebundene Wärme enthalten müsse als der Rohrzucker und dass somit Kunkel berechtigt sei, jene Annahme als direkt widerlegt zu erklären. Bei sorgfältigerer Prüfung überzeugt man sich aber leicht, dass das Auftreten freier Wärme in einer invertirenden Rohrzuckerlösung die vorliegende Frage gar nicht entscheidet. Es sind nämlich gleichzeitig zwei Processe thätig, welche beide auf die Aenderung des spezifischen Gewichtes und auf die Wärmetönung Einfluss haben und die entweder im gleichen oder im entgegengesetzten Sinne wirken, nämlich 1) die chemische Umsetzung

von Rohrzucker in Invertzucker und 2) die dadurch bedingte Veränderung in der Dichtigkeit der Lösung.

Bezeichnen wir die bei der Umwandlung von Rohrzucker in Invertzucker frei werdende oder aufgenommene Wärmemenge mit $\pm V$ und die bei der stattfindenden Verdichtung der Lösung freiwerdende Wärme mit $+W$, so wird die gesammte Wärmetönung ausgedrückt durch $W \pm V$. Dieser Ausdruck ist positiv; denn es wird die Temperatur der Flüssigkeit erhöht. Aber daraus ergiebt sich nichts für die Beantwortung der Frage, ob V positiv oder negativ sei; es beweist bloss für den Fall des negativen Vorzeichens, dass $W > V$ ist.

Nach den früheren Erörterungen über das Verhältniss zwischen dem Volumen des Rohrzuckers und einer äquivalenten Menge von Traubenzucker findet bei der Invertirung, immer unter der Voraussetzung, dass sich Invertzucker ähnlich verhalte wie Traubenzucker, folgender Vorgang statt. Das Volumen einer Zuckerlösung lässt sich als die Summe von dem Volumen des gelösten Zuckers und dem Volumen des (verdichteten) Wassers denken. Wird nun in einer bestimmten Rohrzuckerlösung das Volumen des Zuckers mit S und dasjenige des Lösungsmittels mit A und in der daraus entstehenden Invertzuckerlösung das Volumen des Zuckers mit D und dasjenige des Lösungsmittels mit A_1 bezeichnet, so verhält sich das Volumen der Lösung vor und nach der Invertirung wie $S + A : D + A_1$. Indem S zu D wird, nimmt es zu: dagegen besteht der Uebergang von A zu A_1 in einer Verminderung und zwar ist diese Volumenverminderung beträchtlicher als es die Verdichtung der ganzen Lösung angiebt, weil der gelöste Körper nach der Invertirung einen grössern Raum in Anspruch nimmt. Die Umwandlung von S in D bedingt eine Aufnahme, die Umwandlung von A in A_1 eine Abgabe von freier Wärme.

Ich theile noch die numerischen Werthe der eben ge-

nannten Grössen mit, wie sie sich für die Invertirung einer 5 und 10 prozentigen Rohrzuckerlösung ergeben; die Werthe für das Volumen des wasserfreien Traubenzuckers, dessen spezifisches Gewicht unbekannt ist, wurden aus dem Volumen des krystallisirten Traubenzuckers durch muthmassliche Berechnung gewonnen.

	Rohrzuckerlösung ($C_{12} H_{22} O_{11}$)			Traubenzuckerlösung ($C_6 H_{12} O_6$)		
	Spezifisches Volumen	S	A	Spezifisches Volumen	D	A_1
5 Proz.	0,98030	0,03113	0,94917	0,97944	0,03801	0,94143
10 —	0,96108	0,06227	0,89881	0,95919	0,07601	0,88318

Indessen ist es Kunkel nicht entgangen, dass mit der von ihm nachgewiesenen Temperaturerhöhung einer invertirenden Zuckerlösung das letzte Wort nicht gesprochen sei. Sie liefere, sagt er, keinen vollgültigen Beweis, weil wir die Lösungswärmen des Rohr- und Invertzuckers nicht kennten und weil wir nicht wüssten, ob die eine oder beide Zuckerarten bei der Lösung höhere Hydrate bilden. — Zur Wahrung der Richtigkeit meiner bisherigen Auseinandersetzung muss ich diese beiden Gründe als unzutreffend zurückweisen. Wenn wir auch die Lösungswärmen genau kennten, so könnten wir sie doch nicht brauchen, weil jede Lösungswärme aus zwei entgegengesetzten Wärmetönungen besteht, einer Wärmeaufnahme, wodurch die Moleküle des Körpers sich von einander trennen und in Bewegung gerathen, und einer Wärmeabgabe, welche die Folge der Verdichtung des Lösungsmittels ist, — und ihre Kenntniss wäre überflüssig, weil bei der Invertirung einer Zuckerlösung der erstere Wärmetönungsprozess ganz wegfällt, indem ja bloss eine Lösung sich in eine andere umwandelt.

Wenn wir ferner auch genau wüssten, ob und wie viel Wassermoleküle sich in der Lösung mit einem Molekül der verschiedenen Zuckerarten als „Hydrat" (oder zur Hydropleonbildung, wie ich diese Art der Hydratisirung genannt habe) vereinigen, so wären wir desshalb bezüglich der vor-

liegenden Frage um nichts klüger, schon desswegen weil die auf ein Molekül „Hydratwasser" frei werdende Wärme unmöglich bestimmt werden könnte. Bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft lässt sich die Gesammtwärmetönung bei der Invertirung des Zuckers bloss als Summe oder Differenz von zwei Wärmetönungen nachweisen, von denen die eine (die Wärmetönung bei der chemischen Umsetzung) aus der Differenz der Verbrennungswärmen sich unmittelbar ergiebt, die andere (die Wärmetönung bei der Aenderung der Lösungsdichtigkeit) aus dem Unterschied zwischen der genannten Differenz und der Gesammtwärmetönung ermittelt wird; die Hydratbildung ist als ein integrirendes Moment in der letzteren inbegriffen.

Bei der Umwandlung von Dextrin in Zucker, welche Kunkel noch anführt, sind nach meiner Ansicht eigentlich 6 verschiedene Prozesse zu unterscheiden, von denen jeder einen Beitrag zu der gesammten Veränderung der Lösungsdichtigkeit und der gesammten Wärmetönung liefert: 1) Das Zerfallen der wenig beweglichen Micelle in die einzelnen leichter beweglichen Moleküle (ähnlich wie bei der Lösung von kleinen Krystallen), 2) der Uebergang der Dichtigkeit des Wassers aus der Micellarlösung in die Molekularlösungen, 3) die chemische Umwandlung der Dextrinmoleküle in Maltosemoleküle, 4) die Aenderung der Dichtigkeit des Wassers aus der molekularen Dextrinlösung in die Maltoselösung, 5) die chemische Umsetzung der Maltosemoleküle in Dextrosemoleküle und 6) die Dichtigkeitsänderung des Wassers beim Uebergang der Maltoselösung in die Dextroselösung. Von diesen 6 Prozessen werden 1, 3 und 5 Volumenzunahme und Wärmebindung, 2, 4 und 6 dagegen Verdichtung und Wärmeabgabe bedingen und das Gesammtresultat ist wahrscheinlich Temperaturerniedrigung der Lösung.[1])

1) Wenn auch die Unterscheidung von 6 verschiedenen Prozessen theoretisch richtig ist, so dürfte es praktisch zweckmässiger sein, sie

Als Resultat der ganzen Betrachtung ergiebt sich, dass der Satz, die Fermentwirkung bilde Produkte von höherer potentieller Energie, noch eben so wahrscheinlich ist als vordem. Er beruht auf der Annahme, dass der gesammte Invertzucker ähnliche Eigenschaften besitze wie der Traubenzucker allein, und diese Annahme hat durch die Beobachtung Kunkel's über die Temperaturerhöhung einer invertirenden Rohrzuckerlösung eine neue Stütze gewonnen, indem sie zeigt, dass auch in dieser Beziehung der Invertzucker sich so verhält, wie man es von dem blossen Traubenzucker erwarten müsste.

Es genügt nicht im Allgemeinen zu sagen, dass Dextrose und Levulose verschieden seien und dass man daher nicht die eine an die Stelle der andern setzen dürfte. Man muss vielmehr erwägen, in wiefern und in welchem Umfange die Eigenschaften der beiden Verbindungen übereinstimmen, und man muss sich namentlich vergegenwärtigen, welche Consequenzen rücksichtlich dieses Verhältnisses aus der einen und andern Theorie über die Fermentwirkung sich ergeben. Wie ich bereits angeführt habe, nimmt der wasserfreie Traubenzucker (nach der Analogie der krystallwasserführenden und wasserfreien Salze zu schliessen) ein um 12 bis 13 Proz. grösseres Volumen ein, als der Rohrzucker sammt der zugehörigen Wassermenge ($C_{12}H_{22}O_{11}+H_2O$), und muss demnach auch eine entsprechend grössere Menge von gebundener Wärme enthalten. Würde nun der Invertzucker weniger latente Wärme besitzen als der Rohrzucker, so müsste die eine Hälfte desselben den Ueberschuss der andern mehr als conpensiren; die Levulose müsste an Volumen und an Spannkraft dem Rohrzucker um einen grösseren Be-

in 3 zusammenzufassen: 1) das Zerfallen der Micelle in die einzelnen Moleküle, 2) die chemische Umwandlung vom Dextrin bis zur Dextrose, 3) der Uebergang von der Dichtigkeit der anfänglichen micellaren Dextrinlösung zur schliesslichen Dichtigkeit der Dextroselösung.

trag nachstehen als die Dextrose ihm voraus ist, und es ergäbe sich zwischen Levulose und Dextrose ein so grosser Unterschied, wie er wohl ganz undenkbar ist. Enthält aber der Invertzucker mehr latente Wärme als der Rohrzucker, so bleibt noch hinreichender Raum für die Verschiedenheit seiner beider Componenten, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass der Levulose etwas weniger Spannkraft zukommt als der Dextrose und dass sie die etwas festere Verbindung darstellt, wie sie auch schwieriger vergärt.

Wenn aus chemischen und physikalischen Gründen dem Invertzucker im Vergleich mit dem Rohrzucker eine grössere Menge von gebundener Wärme zugeschrieben werden muss, so sprechen physiologische Erwägungen nicht minder zu Gunsten dieser Annahme. Jedenfalls ist, wie wir aus vielfachen Beispielen erkennen, diejenige Verbindung geeigneter für den Assimilationsprozess, welche unter übrigens gleichen Umständen mehr Spannkraft enthält. Würde nun der Rohrzucker bei der Invertirung Wärme abgeben, so müsste man annehmen, dass die Schimmelpilze ein Ferment bilden und ausscheiden, welches die ihnen zu Gebot stehende Nährverbindung, ehe sie dieselbe aufnehmen, in einen für den Lebenschemismus weniger günstigen Zustand überführe, — eine Annahme, die bei der grossen Zweckmässigkeit aller organischen Einrichtungen gewiss sehr unwahrscheinlich ist.

Ueber die vorliegende in physiologischer und chemischer Beziehung wichtige Frage werden wir übrigens erst dann volle Gewissheit erlangen, wenn die Verbrennungswärmen von Rohrzucker, Dextrose und Levulose genau ermittelt sind, wobei es sehr wünschbar wäre, wenn auch die Kenntniss anderer diese Verbindungen betreffenden Constanten vervollständigt würde.

Ernährung der niederen Pilze
durch Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen.[1])

Den Pilzen mangelt bekanntlich die den grünen Pflanzen zukommende Fähigkeit, Kohlensäure zu assimiliren. Sie müssen, ähnlich wie die Thiere, den Kohlenstoffbedarf aus höheren Kohlenstoffverbindungen sich aneignen. Man glaubte früher allgemein, der Autorität Liebig's folgend, dass bloss eiweissartige Stoffe ihnen als Nahrung dienen könnten.

Indessen hat Pasteur schon vor längerer Zeit gezeigt, dass die Sprosshefenpilze durch weinsaures Ammoniak und Zucker (1858), Penicillium durch weinsaures Ammoniak allein ernährt werden kann (1860). Die Richtigkeit dieser Thatsachen ist, entgegen dem anfänglich erhobenen Widerspruche, von allen späteren versuchskundigen Beobachtern bestätigt worden. Sie war übrigens bereits nach

1) Einige der erläuternden Versuche sind von Hrn. Dr. Oscar Loew ausgeführt worden und am Schlusse beschrieben.

den ersten Angaben Pasteur's unzweifelhaft, welcher nicht nur das Verschwinden des weinsauren Ammoniaks und die gleichzeitige Zunahme der Pilzsubstanz beobachtete, sondern auch nachwies, dass bei Anwendung von Traubensäure allmählich die rechtsdrehende Weinsäure von den Pilzen aufgenommen wird, während die linksdrehende noch in der Flüssigkeit zurückbleibt.

Seitdem sind von verschiedenen Beobachtern einzelne Thatsachen über die Ernährung der Pilze durch Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen festgestellt worden. Es schien mir besonders wünschenswerth, möglichst verschiedene Verbindungen bezüglich ihrer Ernährungstüchtigkeit zu prüfen, um zu ermitteln, welche chemische und physikalische Beschaffenheit sie dazu geeignet oder ungeeignet macht. Zu diesem Zwecke habe ich schon in den Jahren 1868 und 1869, dann gemeinschaftlich mit meinem Sohn, Dr. Walter Nägeli in den Jahren 1870/1 und 1875/6 eine grössere Anzahl von Versuchen ausgeführt, und in neuerer Zeit wurde dieselbe noch von Dr. O. Löw ergänzt.

Die gestellte Frage ist also: Aus welchen Verbindungen vermögen die Pilze die Elemente C, H, O, N zu entnehmen, um ihre Substanz zu vermehren? Wir können dabei die Elemente H und O ausser Acht lassen, weil dieselben entweder in den Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen enthalten sind oder dem Wasser und dem freien Sauerstoff entnommen werden. Es handelt sich also nur um C und N.

Zwei allgemeine Bemerkungen betreffend die Löslichkeit und die Giftigkeit der Verbindungen will ich vorausschicken. Selbstverständlich können solche Verbindungen, die in Wasser bei gewöhnlicher Temperatur unlöslich sind, nicht ernähren. Dies gilt aber auch von schwerlöslichen Stoffen. Die Schwerlöslichkeit deutet zwar an, dass das Wasser nur eine geringe Verwandtschaft zu ihnen hat, und

somit ist anzunehmen, dass von den kleinen Mengen, die in Lösung gehen, die lebende Pilzsubstanz immer einen Theil aufzunehmen und zu assimiliren vermag. Aber da die Pilzzellen durch Oxydation und Ausscheidung stets einen grossen Gewichtsverlust erleiden, so reicht die langsame Assimilation in sehr verdünnten Lösungen nicht aus, um denselben zu decken. Wenn daher eine schwerlösliche Substanz nicht zu ernähren vermag, so muss die Ursache nicht etwa nothwendig in ihrer chemischen Constitution gesucht werden.

Bezüglich der Giftigkeit der Verbindungen, so ist dieselbe bekanntlich eine durchaus relative Eigenschaft, indem die schädliche Wirkung bei einer bestimmten Verdünnung aufhört. Demgemäss giebt es Gifte oder antiseptische Substanzen, welche in einer gewissen Concentration die beste Nährlösung zur Ernährung untauglich machen, während sie in viel geringerer Concentration selbst als Nahrung dienen. Damit ist jedoch nicht gesagt, dass jede giftige C- und N-verbindung, die ihrer chemischen Constitution nach assimilationsfähig wäre, auch wirklich das Wachsthum der Pilzzellen unterhalten kann. Lösliche Substanzen, die den höchsten Grad der Schädlichkeit erreichen, werden erst bei so weitgehender Verdünnung unschädlich, dass sie nicht mehr ernähren können. Und zwar tritt die Ernährungsunfähigkeit schon früher ein, als bei den schwerlöslichen unschädlichen Verbindungen, weil eine leichter lösliche Substanz bei gleich grosser Verdünnung von dem Wasser fester zurückgehalten und daher von den Pilzzellen demselben weniger leicht entzogen wird.

Was nun zuerst den Stickstoff betrifft, so vermag derselbe aus allen Verbindungen angeeignet zu werden, die man als Amide und Amine bezeichnet. Dabei ist es gleichgültig, ob der Kohlenstoff der Verbindung zur Ernährung verwendet werden kann oder nicht. Während

Acetamid, Methylamin, Aethylamin, Propylamin, Asparagin, Leucin, zugleich als C- und als N-nahrung dienen, kann aus Oxamid und Harnstoff bloss N (nicht C) entnommen werden. Als Stickstoffquelle können die Pilze ferner alle Ammoniaksalze und die einen derselben auch die salpetersauren Salze verwenden.

Bezüglich der einfachsten der genannten Verbindungen ist zu bemerken, dass es von der Art und Weise, wie ein Versuch angestellt wird, abhängt, ob derselbe eine Vermehrung der Pilze zeigt oder nicht. Man darf sich daher durch negative Resultate nicht irre führen lassen. Besonders kann schon eine geringe Concentration der Lösung sich als zu hoch gegriffen und demnach als nachtheilig erweisen. In dem später unter Nr. 35 angeführten Versuch haben sich die Spaltpilze in einer 0,5 prozentigen Lösung von salzsaurem Methylamin ziemlich reichlich, in den unter Nr. 59 und 60 angeführten Versuchen in einer 1 und 1,25 prozentigen Lösung gar nicht vermehrt.

Dagegen kann der freie Stickstoff nicht assimilirt werden, ebenso nicht der Stickstoff aus Cyan und aus allen Verbindungen, in denen er nur als Cyan enthalten ist (Versuch 62,a). Wenn solche Verbindungen zuweilen als Stickstoffquelle zu dienen scheinen, so geschieht es wohl nur desswegen, weil aus dem Cyan vorher unter Wasseraufnahme Ammoniak abgespalten wird, was durch die Gärwirkung der Spaltpilze verursacht werden kann. Möglicherweise war Letzteres bei den Versuchen 62 a und b der Fall, wo weder Schimmel- noch Sprosspilze, sondern nur Spaltpilze wachsthumsfähig waren.

Uebrigens hat man sich bei spärlichen Pilzvegetationen immer die Frage vorzulegen, ob dieselben ihren Stickstoffbedarf nicht etwa aus Verunreinigungen der andern Nährstoffe (z. B. des Zuckers) decken konnten, und wenn die Versuche lange dauern, ob nicht das aus der Luft von der

Nährlösung aufgenommene Ammoniak den Stickstoff geliefert habe.

Vergleichen wir Ammoniak und Salpetersäure mit einander, so ist bemerkenswerth, dass während die Schimmelpilze und die Spaltpilze die Salpetersäure assimiliren können, die Sprosspilze wohl durch Ammoniak aber nicht durch Salpetersäure ernährt werden. Auf die letzteren wirkt die Anwesenheit der Salpetersäure kaum günstiger, als wenn gar keine Stickstoffquelle vorhanden wäre, indem die eine Zeit lang vegetirende und sich fortpflanzende Sprosshefe zwar durch Bildung von Cellulose und Fett ihr Gesammtgewicht etwas vermehrt, den gesammten Stickstoffgehalt aber bedeutend vermindert (Versuch 55, b, c, d).

Die Resultate bei der Kultur der Schimmelpilze sind noch zweifelhaft. In einem Falle schien salpetersaures Ammoniak sich besonders günstig zu verhalten (vgl. Versuch 15 mit 13), während andere Male dasselbe keine grössere Ernte ergab als essigsaures Ammoniak (Versuche 14 und 16) oder als salpetersaures Kali (Versuch 58 b und c). Eine bessere Stickstoffquelle als Ammoniaksalze und Nitrate scheint der Harnstoff zu sein (Versuche 18, 19, 20, 58 d). — Was die Spaltpilze betrifft, so können manche von Salpetersäure wohl leben, zeigen aber mit Ammoniak ein entschieden besseres Gedeihen.

Es ist übrigens zu bemerken, dass die Salpetersäure nicht als solche assimilirt, sondern vorher in Ammoniak umgewandelt wird, und dass es somit wesentlich von dem Reductionsvermögen der Pilze abhängt, ob sie dieselben ernähren kann oder nicht (Versuch 57, 58).

Suchen wir einen allgemeinen Ausdruck für die Ernährungstüchtigkeit der Stickstoffverbindungen, so können wir wohl sagen, dass der Stickstoff am leichtesten assimilirt wird, wenn er als NH_2 vorhanden ist, weniger leicht,

wenn er nur mit einem Wasserstoffatom verbunden ist (als N H), noch weniger leicht, wenn er als N O (ohne H) vorkommt, und dass er gar nicht assimilirt zu werden vermag, wenn er mit anderen Elementen als mit H und O verbunden ist. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass in einer solchen Verbindung durch die oxydirende Wirkung der Pilze selbst zuerst die Gruppe N O und aus derselben dann durch Reduction NH_2 entstehen kann. Dies ist wohl der Fall mit Trimethylamin und Triaethylamin.

Was die Quellen des Kohlenstoffs betrifft, so kann derselbe aus einer grossen Menge von organischen Verbindungen aufgenommen werden, wobei zu bemerken ist, dass für Schimmelvegetation die Lösungen beträchtlich sauer, für Spaltpilzvegetationen ziemlich alkalisch sein dürfen. Es ernähren bei Zutritt von Sauerstoff fast alle Kohlenstoffverbindungen, mögen sie sauer, indifferent oder alkalisch sein, sofern sie in Wasser löslich und nicht allzu giftig sind. Die allzu sauren oder alkalischen Eigenschaften müssen durch (unorganische) Basen oder Säuren abgestumpft werden. Die Unlöslichkeit oder Schwerlöslichkeit ist Schuld, warum die an Kohlenstoff und Wasserstoff reichen, an Sauerstoff armen Verbindungen nicht nähren. Die Humussubstanzen können für Schimmel- und Spaltpilze als Kohlenstoffquelle dienen, insofern sie löslich sind. Das aus Zucker künstlich dargestellte Humin zeigte sich ernährungsuntüchtig, ohne Zweifel wegen seiner Unlöslichkeit. Von nährenden schwächer antiseptischen Stoffen nenne ich beispielsweise Aethylalkohol (Versuch 34), Essigsäure (Versuch 2, 3, 4, 5, 6), von stärker antiseptischen Stoffen Phenol (Carbolsäure), Salicylsäure, Benzoësäure (Versuch 30, 31).

Es giebt aber einige Verbindungen, aus denen trotz ihrer nahen chemischen Verwandtschaft mit nährenden Substanzen die Pilze den Kohlenstoff nicht zu assimiliren

vermögen. Dahin gehören, ausser den unorganischen Verbindungen Kohlensäure und Cyan, die sog. organischen: Harnstoff, Ameisensäure, Oxalsäure, Oxamid (Versuch 17, 29, 26, 27, 37).

Versuchen wir den allgemeinen Charakter der assimilirbaren Kohlenstoffverbindungen festzustellen, so besteht die Bedingung wohl darin, dass sie die Gruppe CH_2 oder bloss CH enthalten. Vielleicht ist aber die Beschränkung beizufügen, dass die letztere Gruppe CH nur dann ernährt, wenn 2 oder mehrere C-atome, an welchen H hängt, unmittelbar mit einander verbunden sind. Es ernährt nämlich einerseits Methylamin (mit 1 C und 3 H), andrerseits Benzoësäure (eine Kette von C-atomen, jedes mit 1 H) sicher, während Ameisensäure, in welcher an 1 C nur H und OH haften und ebenso Methylalkohol nicht assimilirt werden was indessen auch auf Rechnung ihrer antiseptischen Eigenschaften in Verbindung mit der ziemlich schweren Zersetzbarkeit kommen kann. [2])

Dagegen kann der Kohlenstoff nicht assimilirt werden, wenn er unmittelbar nicht mit H, sondern nur mit andern Elementen zusammenhängt, wie dies in der Cyangruppe, ferner beim Harnstoff und der Oxalsäure nebst deren Abkömmlingen (Oxamid) der Fall ist. In diesen Verbindungen sind an C bloss N-, O- und C-atome befestigt.

Es besteht eine grosse Verschiedenheit in der Ernährungstüchtigkeit der verschiedenen Kohlenstoffverbindungen. Vom Standpunkte der morphologischen oder Constitutionschemie aus werden wir wohl annehmen dürfen, dass Verbindungen am leichtesten assimilirt werden, welche bereits

---

2) Die Ernährungsuntüchtigkeit von Verbindungen wie Chloral, Pikrinsäure, Chinin, Strychnin (Versuch 64) mag theils auf den antiseptischen Eigenschaften der Verbindungen oder der bei der Assimilation freiwerdenden Reste, theils auf dem Umstande beruhen, dass noch nicht die günstigste Zusammensetzung der Nährlösung gefunden wurde.

eine Atomgruppe besitzen, wie sie die zu bildende Substanz bedarf, und dass eine Verbindung um so weniger ernährt, je unvollständiger sie diese Gruppe enthält. Wir kennen nun zwar das erste Assimilationsprodukt der Pilzvegetation nicht und dürfen auch den Vorgang in den Pflanzengeweben, in welchen bei Anwesenheit des Chlorophylls Kohlensäure assimilirt wird, nicht etwa als Analogie benützen. Wenn wir aber die Ergebnisse der Ernährungsversuche bei Pilzen für eine Theorie verwenden wollen, so können wir vielleicht sagen, dass jene in dem ersten Assimilationsprodukt enthaltene Atomgruppe aus 2 oder eher 3 unmittelbar miteinander in einer Kette zusammenhängenden C-atomen, an denen unmittelbar sowohl H- als O-atome befestigt sind, bestehen muss, und dass durch Verdoppelung daraus zunächst eine (4 oder) 6 C-atome enthaltende Gruppe sich bildet. Findet dies wirklich statt, so begreifen wir die aus den Versuchen sich ergebenden Resultate, dass unter übrigens gleichen Umständen Verbindungen mit 1 C-atom am schwierigsten (Methylamin) oder gar nicht (Ameisensäure, Chloral) assimilirt werden, dass mit der steigenden Zahl der unmittelbar zusammenhängenden C-atome die Assimilation besser von Statten geht, (Leucin mit 6 C ernährt besser als Asparagin mit 4 C), dass es ferner günstiger ist, wenn an den C-atomen nicht bloss H-atome sondern auch O oder OH befestigt sind (die Gruppe CH_2OH verhält sich unter übrigens gleichen Umständen günstiger als CH_3, ebenso CH_2-CHO günstiger als CH_2-CH_3), und dass Verbindungen mit mehreren C-atomen oder C-gruppen, die durch N oder O verbunden sind, nicht besser ernähren als solche, in denen die Gruppe nur einmal vorhanden ist (Trimethylamin nicht besser als Methylamin).

Auf die Constitution der in dem ersten Assimilationsprodukt enthaltenen Atomgruppe lässt sich aus der Be-

schaffenheit der nährenden Verbindungen kein Schluss ziehen, weil in den letzteren die entscheidende Gruppe offenbar ungleich constituirt ist und weil dessnahen Wanderungen der an der Kohlenstoffkette hängenden H- und O-atome bei der Assimilation angenommen werden müssen.

Ausser der chemischen Constitution der Nährverbindungen spielt aber jedenfalls noch ein anderer Umstand eine wesentliche Rolle bei der Assimilation. Die lebende Zelle wird unter übrigens gleichen Umständen diejenigen Substanzen am leichtesten zur Ernährung benutzen, für deren Assimilation sie die geringste Kraft aufwenden muss, — also diejenigen Substanzen, die von verschiedenen chemischen Mitteln am ehesten angegriffen und umgesetzt werden. Doch ist natürlich nur ganz im Allgemeinen ein Vergleich möglich, da ja die chemischen Verbindungen zu den verschiedenen Arten der Zersetzung sich nicht gleich verhalten, und da die Assimilation nichts anderes ist als eine besondere Art der Zersetzung, die mit den übrigen Zersetzungen bis zu einer bestimmten Grenze übereinstimmt, während sie im Einzelnen sich im Gegensatze zu ihnen befindet.

Doch macht uns dieser Gesichtspunkt manche Thatsache begreiflich, so z. B. warum Benzoësäure und Salicylsäure besser ernähren als Phenol (Carbolsäure), warum Ameisensäure schwer oder gar nicht assimilirt wird, warum die Fettsäuren überhaupt ungünstig und die Essigsäure günstiger ist als die höheren Glieder, warum die Glycosen sich als die vorzüglichsten Kohlenstoffquellen erweisen.

Wie durch das Zusammenwirken der chemischen Constitution und der chemischen Widerstandsfähigkeit eine bestimmte Assimilationsfähigkeit bedingt wird, lässt sich einigermassen erkennen, wenn man die Kohlenstoffquellen nach dem Grade ihres Nährwerthes in eine Reihe ordnet. Wir können etwa folgende Stufen unterscheiden, wobei die

günstigen Wirkungen der Gärthätigkeit der Pilzzellen und die ungünstigen der Giftigkeit der Verbindungen ausgeschlossen sind:

1. Die Zuckerarten.
2. Mannit; Glycerin; die Kohlenstoffgruppe im Leucin.
3. Weinsäure; Citronensäure; Bernsteinsäure; die Kohlenstoffgruppe im Asparagin.
4. Essigsäure; Aethylalkohol; Chinasäure.
5. Benzoësäure; Salicylsäure; die Kohlenstoffgruppe im Propylamin.
6. Die Kohlenstoffgruppe im Methylamin; Phenol.

Diese Stufenreihe hat nur bedingte Gültigkeit. Es giebt verschiedene Ursachen, welche die Ernährungsversuche mit Pilzen rücksichtlich ihrer Vergleichung unter einander erschweren. Ich werde nachher noch auf dieselben zu sprechen kommen. Bei der vorliegenden Frage tritt ein spezifischer Umstand in den Vordergrund. Die verschiedenen Nährverbindungen können als Kohlenstoffquelle nur dann in strengem Sinne vergleichend geprüft werden, wenn die Stickstoffquelle die nämliche ist, und ebenso als Stickstoffquelle nur dann, wenn die Kohlenstoffquelle sich gleich verhält. Oft aber sind beide verschieden. Wenn z. B. eine Nährlösung weinsaures Ammoniak, die andere Zucker und Methylamin enthält, so ist es zweifelhaft, wie viel jede der stickstoff- und kohlenstoffhaltigen Verbindungen zu dem Versuchsresultat beigetragen hat. Man kann zwar noch zwei andere Nährlösungen herstellen, von denen die eine Methylamin und Weinsäure mit einer unorganischen Basis, die andere Zucker und Ammoniak mit einer unorganischen Säure enthält. Man hat dann zwei Versuche mit der gleichen Stickstoffquelle und mit ungleichen Kohlenstoffquellen und zwei mit der gleichen Kohlenstoffquelle und mit ungleichen Stickstoffquellen. Eine

strenge Vergleichbarkeit ist aber damit doch nicht erreicht, denn einmal bleibt es fraglich, ob das Ammoniak in Verbindung mit Zucker die nämliche Assimilationsfähigkeit besitze wie mit Weinsäure, und der nämliche Zweifel besteht für die Wirksamkeit jeder der übrigen Verbindungen, — und ferner sind nicht bloss die Stickstoff- und Kohlenstoffquellen in den Versuchen vertauscht, sondern es sind auch die unorganischen Bestandtheile der Nährlösungen verändert worden, weil die Weinsäure und das Ammoniak neutralisirt werden mussten; die Wirksamkeit der organischen Verbindungen kann aber nur verglichen werden, wenn die unorganischen gleich sind. Ueberdem kann man bei Substanzen, die zugleich die Stickstoffquellen und die Kohlenstoffquellen enthalten, besonders wenn die Konstitution, wie bei den Albuminaten, unbekannt ist, auf dem Wege des Versuchs auch nicht annähernd die Wirkung der einen und andern bestimmen.

Es ist daher von wissenschaftlichem Interesse die Assimilationsfähigkeit der vereinigten Stickstoff- und Kohlenstoffquellen zu kennen. Der praktische Nutzen, den die Kenntniss der Ernährungstüchtigkeit ganzer Nährlösungen gewährt, ist ohnehin selbstverständlich. Ich kann hierüber aber nicht viel mehr sagen, als was schon in der Mittheilung vom 3. Mai angegeben wurde. Wenn wir nur die Assimilation ohne Gärthätigkeit und ferner nur diejenigen Stoffe berücksichtigen, welche in grösserer Menge löslich sind, ohne giftig zu wirken, so können wir als eine von den besser zu den schlechter nährenden Substanzen fortschreitende Stufenreihe folgende anführen:

1) Eiweiss (Pepton) und Zucker,
2) Leucin und Zucker,
3) weinsaures Ammoniak oder Salmiak und Zucker,
4) Eiweiss (Pepton),
5) Leucin,

ungen von Dr. Hans Buchner die Heubacterien in Asparagin- und Leucinlösungen, indess die von denselben abstammenden (also nur varietätlich von denselben verschiedenen) Milzbrandbacterien nicht durch Asparagin und Leucin und überhaupt nur durch Eiweiss und Eiweisspeptone ernährt werden.

Bei vielen Versuchen ist eine strenge Reinkultur nicht erforderlich; es genügt, dass eine Pilzform in weit überwiegender Menge sich entwickele. Will man eine Schimmelvegetation mit Ausschluss der Spaltpilze erhalten, so muss die Nährlösung hinreichend sauer gemacht werden, wozu in Flüssigkeiten mit Ammoniaksalzen oder mit wenig Zucker, mit wenig Eiweiss etc. 0,5 Prozent Phosphorsäure und weniger genügen, in reicheren Nährflüssigkeiten dagegen bis 1 Prozent erforderlich ist. Sollen aber nur Spaltpilze wachsen und die Schimmelpilze ausgeschlossen werden, so reicht die neutrale Reaction dazu in der Regel hin; nöthigenfalls kann sie schwach alkalisch gemacht werden. Dabei ist noch zu bemerken, dass die Sprosspilze sich im Allgemeinen verhalten wie die Schimmelpilze und sehr häufig zugleich mit denselben auftreten, dass sie aber wegen ihrer viel geringeren Menge das Resultat meistens nicht stören.

Soll bei einer Versuchsreihe nur eine einzige bestimmte Pilzform wachsen, so dürfen in hinreichend ausgekochte pilzfreie Nährflüssigkeiten bloss Keime dieser Form gebracht werden. Um dies zu bewerkstelligen, bedarf es besonderer Vorsichtsmassregeln, die bis jetzt von den Beobachtern fast ausnahmslos vernachlässigt oder wenigstens nicht in vollkommen befriedigender Weise angewendet wurden.

Um eine ausschliessliche Schimmelvegetation zu erhalten, genügt es nicht, Schimmelsporen in das pilzfreie Glas einzutragen, denn mit denselben kommen immer auch Spaltpilze und zuweilen selbst Sprosspilze hinein. Ueber-

haupt ist es äusserst schwer, die winzigen Spaltpilze auszuschliessen, und es giebt wohl kaum ein anderes sicheres Mittel als folgendes, welches ich früher (1868) mehrfach anwendete, um zu zeigen, dass aus Schimmelpilzen sich weder Spaltpilze noch Saccharomyces entwickeln. Ein mit Blase zugebundenes Glas, welches die Nährflüssigkeit enthält, wird durch Erhitzen auf 120° C pilzfrei gemacht, die Blase dann mit Schimmelsporen bestreut und nur so lange durch Bedeckung mit einer Glasglocke feucht gehalten, bis die Schimmelfäden durch die Blase hindurch und längs der Glaswandung in die Flüssigkeit hinunter gewachsen sind. Statt der Blase kann auch ein Baumwollpfropf als Verschluss dienen. Auf diese Weise erhält man eine reine Schimmelvegetation ohne eine Spur von Spaltpilzen oder Saccharomyceszellen. — Mehrere in dieser Weise behandelte Gläser blieben 5 Jahre lang stehen, bis die Flüssigkeit vertrocknet war. Sie enthielten keine andern Organismen als Schimmelpilze. Andere Gläser, die schimmelfrei eintrockneten, waren ebenfalls nach 5 Jahren ganz frei von Pilzen und enthielten die unveränderten Nährstoffe.

Wenn eine bestimmte Art von mikroskopischen Pilzen ausschliesslich kultivirt werden soll, so lässt sich dies nur selten dadurch erreichen, dass man alle übrigen Formen bis auf die eine tödtet, z. B. durch Hitze. Gewöhnlich muss man auf einem andern Wege zu einer Reinkultur zu gelangen suchen und dann aus dieser die zu prüfenden Nährlösungen infiziren. Ich habe mir in den Jahren 1870 und 1871, theils um den Nichtübergang von Saccharomyces in Spaltpilze und umgekehrt darzuthun, theils um bei kleineren Versuchen mit Luftabschluss bloss eine einzige Pilzform zu haben, Reinkulturen auf zweierlei Art verschafft, und ich kenne auch jetzt noch kein anderes Mittel, um sie sicher zu erhalten.

Das eine Verfahren beruht auf der Thatsache, dass

die Gärthätigkeit eines Pilzes sein eigenes Wachsthum sehr befördert, dagegen die Ernährung und die Vermehrung der übrigen Pilze benachtheiligt. Mit Benützung dieser Thatsache kann man im Laufe einiger auf einander folgender Züchtungen durch Verdrängung der Mitbewerber leicht eine vollkommen reine Sprosshefe, weniger leicht einige reine Spaltpilzformen erlangen. Ich verweise hierüber auf das in der „Theorie der Gärung" Gesagte. [3])

Das andere Verfahren besteht darin, in eine pilzfreie Nährlösung womöglich einen einzigen Pilzkeim zu bringen, sodass die erwachsende Pilzvegetation bloss aus den Nachkommen desselben besteht. Zu diesem Zweck muss eine pilzführende Flüssigkeit, welche die gewollte Form in überwiegender Menge enthält, durch Wasser auf eine hinreichende Verdünnung gebracht werden. Das Verfahren wird am besten durch die Mittheilung eines bestimmten Versuches (1871) deutlich werden. Aus faulem Harn, in welchem sich ausser Micrococcus auch Stäbchen (Bacterien) befanden, sollte ersterer rein erhalten werden. Ein Tropfen, welcher etwa 0,03 ccm fasste und etwa 500000 Pilze enthielt, wurde in 30 ccm pilzfreies Wasser gegeben. Aus dieser 1000 fach verdünnten Flüssigkeit wurde, nachdem sie durch Schütteln wohl gemischt war, abermals ein Tropfen in 30 ccm Wasser eingetragen und somit eine millionfache Verdünnung hergestellt, in welcher je der zweite Tropfen (von 0,03 ccm) durchschnittlich einen Pilz enthalten musste. Von 10 pilzfreien Gläsern, von denen jedes mit einem Tropfen infizirt wurde, blieben 4 ohne Vegetation, in einem bildeten sich Bacterien und in 5 die gewünschten Micrococcuszellen.

---

3) Abhandl. d. k. b. A. d. W. II. Cl. XIII. Bd. II. Abth. 140 (66). Sep.-Ausg. 76.

Eine zweite Bedingung für vergleichbare Versuche ist die, dass jede Gärthätigkeit ausgeschlossen sei. Da diese das Wachsthum so ausserordentlich befördert, so wird die Vergleichung der Assimilationsfähigkeit zweier Nährsubstanzen, von denen die eine gärfähig ist, die andere nicht, unmöglich. Wenn man Schimmelpilze einerseits mit Zucker und anderseits mit Glycerin ernährt, so erhält man Resultate, welche genau dem Nährwerth der beiden Verbindungen entsprechen. Bringt man dagegen Sprosspilze (Saccharomyces) in die nämlichen zwei Nährlösungen, so wachsen dieselben in der Zuckerlösung unvergleichlich viel besser, weil sie darin Gärung verursachen. Das Glycerin ernährt sie nach dem seiner Constitution zukommenden Werthe, der Zucker dagegen ernährt sie nicht bloss nach Massgabe seiner Constitution, sondern überdem noch vermöge der Spannkraft, welche bei der Gärung frei und auf das lebende Plasma übertragen wird. — Die Spaltpilze können verschiedene Gärungen bewirken und sie schöpfen aus jeder derselben eine andere Kraftmenge. Man hat sich daher bei vergleichenden Ernährungsversuchen, die manmit Spross- und mit Spaltpilzen anstellt, immer die Frage vorzulegen, ob bei dem einen oder andern Versuch Gärung stattgefunden und um wie viel dieselbe wohl das Wachsthum begünstigt habe.

Zu den Umständen, welche bei Ernährungsversuchen mit verschiedenen Verbindungen nicht gleich gemacht werden können und daher störend sind, gehört die spezifische Wirkung, welche die Verbindungen, abgesehen von ihrer Assimilationsfähigkeit, auf die lebende Zelle ausüben. Ich habe bereits oben bei einer verwandten Frage von dieser Wirkung gesprochen. Sie besteht darin, dass jede Verbindung bei einer gewissen Concentration der Lösung die Lebensenergie herunterstimmt. Diese schädliche Concentration ist für jede Verbindung eine andere; für jede

Verbindung ist daher auch das Optimum der Concentration, bei welcher sie einen bestimmten Pilz am besten ernährt, ein anderes. Da nun bei vergleichenden Versuchen die Flüssigkeiten äquivalente Mengen von Nährstoffen enthalten müssen, so sind die Lösungen ungleich weit von ihrem Optimum entfernt, und man läuft überdem Gefahr, dass die eine oder andere Lösung einen geradezu schädlichen Concentrationsgrad erreicht habe. Es kann dieser Punkt nicht genug berücksichtigt werden, wenn man die Beziehung zwischen chemischer Constitution und Assimilationsfähigkeit beurtheilen will. Giebt es doch Verbindungen, welche an und für sich gut ernähren würden, wenn nicht ihre giftigen Eigenschaften sie schon in sehr verdünnter Lösung dazu untauglich machten.

Ein zweiter Umstand, welcher die Vergleichung der Versuche beeinträchtigt und nicht beseitigt werden kann, ist die ungleiche Fähigkeit der Nährverbindungen zu diosmiren. Derselbe macht sich besonders fühlbar beim Zusammenhalte der Albuminate und der ihnen nahestehenden Stoffe mit den krystallisirenden Nährsubstanzen. Die Pilzzellen müssen die Albuminate, um sie aufnehmen zu können, zuerst in eine diosmirende Form umwandeln. Von Peptonen giebt es bekanntlich verschiedene Modificationen, solche die den Albuminaten näher stehen und weniger gut diosmiren, und solche, die mehr verändert sind und besser durch Membranen hindurch gehen. Die Pilze müssen daher auch, wenn sie mit schwer diosmirenden Peptonen ernährt werden, zuerst durch ein ausgeschiedenes Ferment die Peptonisirung vollenden.

Dieser Process verläuft nicht nur bei verschiedenen Pilzen ungleich rasch, indem die meisten Spaltpilze sehr energisch, die Schimmelpilze weniger gut und die Sprosspilze fast gar nicht zu peptonisiren vermögen. Sondern es übt auch die Beschaffenheit der Nährlösung, namentlich

die Reaction derselben einen entscheidenden Einfluss aus. Viele Spaltpilze peptonisiren das Eiweiss in neutralen und in ziemlich stark alkalischen Lösungen sehr gut; die Schimmelpilze peptonisiren es noch in schwach sauren Flüssigkeiten, z. B. in 1/2 proz. Phosphorsäurelösung ziemlich rasch, dagegen sehr langsam in 1 proz. Phosphorsäurelösung.

Wenn es sich also um Vergleichung von Albuminaten mit anderen Nährsubstanzen handelt, so ist zu berücksichtigen, welche Wahrscheinlichkeit der Peptonisirung unter den vorliegenden Umständen gegeben sei, und wenn Peptone verglichen werden sollen, so ist die Frage, welche Beschaffenheit und besonders welche Fähigkeit zu diosmiren dieselben schon besitzen und ob sie von den Pilzzellen noch verändert werden müssen. Man darf nicht etwa sagen, die Albuminate seien, weil sie von den Zellen nicht aufgenommen werden, überhaupt ernährungsuntüchtig. Dies trifft allerdings für gewisse Pilze und gewisse Umstände zu, während für andere Pilze und andere Umstände die Eiweissstoffe zu den allerbesten Nährsubstanzen gehören.

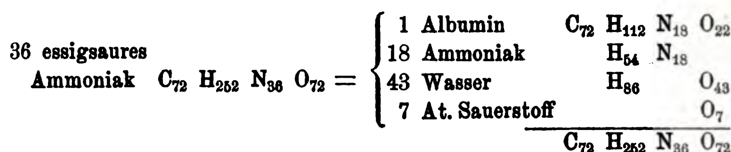
Andere störende Umstände sind die ungleiche Löslichkeit der Verbindungen und die damit zusammenhängende ungleiche Anziehung zu Wasser, — ferner ihre ungleiche Oxydationsfähigkeit, die bei Pilzkulturen eine so wichtige Rolle spielt, — ihr ungleiches Verhalten zur Temperatur, indem für jede Verbindung und einen bestimmten Pilz ein anderer Wärmegrad als Optimum erscheint, — dann der Luftzutritt, welcher bezüglich seiner grösseren oder geringeren Ausgiebigkeit einen so entscheidenden Einfluss auf das Wachsthum der Pilze ausübt und der doch mit Sicherheit fast nie in ganz gleicher Weise hergestellt werden kann. Ich will nicht näher auf diese Umstände eintreten. In manchen Fällen sind sie ohne Bedeutung; in andern aber können

sie das Kulturergebniss wesentlich beeinflussen, wesshalb sie nie ausser Acht gelassen werden dürfen. [4])

Endlich giebt es einen Umstand, der bei allen Ernährungsversuchen mitspielt und jedes Mal das Resultat in eigenthümlicher, nicht genau zu schätzender Weise mitbedingt. Er besteht darin, dass die Nährlösung durch die Pilzvegetation verändert wird, wodurch sie für die nämlichen oder für andere Pilze bald günstiger bald ungünstiger ausfällt. Wie schon längst bekannt ist, hört bei der Milchsäuregärung das Wachsthum der Spaltpilze nach einiger Zeit auf, wenn nicht die Säure durch Kalk neutralisirt wird. In diesem Falle haben wir es zwar mit einer Gärwirkung zu thun, welche die Flüssigkeit immer saurer und für das Gedeihen der Spaltpilze schädlicher macht. Aber die Ernährung selbst, wenn auch alle Gärwirkung mangelt, führt ebenfalls, zwar langsamere, doch oft sehr bemerkenswerthe Modificationen herbei. Besteht die Nährsubstanz z. B. in essigsaurem Ammoniak, so wird die Flüssigkeit durch kohlensaures Ammoniak alkalisch, indem schon bei der blossen Eiweissbildung auf 6 Molecüle essigsaures Ammoniak, ohne Berücksichtigung der Oxydation, 3 Ammoniak frei werden. Der Vorgang bei dieser Assimilation wird durch folgende Gleichung deutlich:

---

4) Was den Luftzutritt betrifft, so muss wenigstens als Bedingung festgehalten werden, dass die Pilze der zu vergleichenden Kulturen sämmtlich entweder an der Oberfläche der Nährlösungen oder untergetaucht in denselben leben. Viele Pilze (Schimmel-, Spross- oder Spaltpilze) können entweder als Decke auf der Flüssigkeit oder als Flocken in derselben wachsen, und zwar lässt sich, wenn die Gärthätigkeit ausgeschlossen ist, der eine oder andere Zustand beliebig hervorbringen, indem die Deckenbildung dem lebhafteren, die Bildung untergetauchter Flocken dem trägeren Wachsthum entspricht. Man kann beispielsweise einen deckenbildenden Pilz in einen untergetauchten verwandeln, indem man ihn in eine verdünntere Nährlösung oder in die nämliche Nährlösung, die eine antiseptische Verbindung enthält, umzüchtet.



36 essigsaures Ammoniak $C_{72}\ H_{252}\ N_{36}\ O_{72}$ =	1 Albumin	C_{72}	H_{112}	N_{18}	O_{22}
	18 Ammoniak		H_{54}	N_{18}	
	43 Wasser		H_{86}		O_{43}
	7 At. Sauerstoff				O_7
		C_{72}	H_{252}	N_{36}	O_{72}

Das essigsaure Ammoniak ernährt nicht, wenn nicht die Luft zutritt und reichliche Oxydation veranlasst. Es dient somit nicht bloss der bei der Assimilation freiwerdende Sauerstoff, sondern auch noch eine gewisse Menge von aus der Luft aufgenommenem Sauerstoff zur Verbrennung von Essigsäure, so dass bedeutend mehr als die Hälfte des in dem Nährsalz enthaltenen Ammoniaks frei werden muss, damit sich Albuminate bilden.

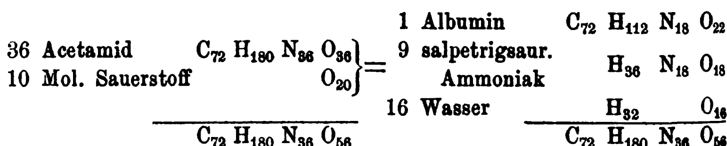
Die Pilzzelle erzeugt ferner nicht bloss Eiweissstoffe, sondern auch Kohlenhydrate und Fett. Berechnen wir die stickstofflosen Verbindungen als eine mit den Albuminaten gleichgrosse Cellulosemenge, so müssen bei der Entstehung der Pilzzellen, ohne die Oxydation durch den freien Sauerstoff zu berücksichtigen, von je 7 Ammoniumgruppen des essigsauren Ammoniaks 5 als Ammoniak frei werden. — Bei der Assimilation von neutralem weinsaurem Ammoniak kann auf je 6 Ammoniumgruppen nur 1 verwendet werden; 5 gehen als Ammoniak in die Flüssigkeit.

Der nämliche Process wie der eben erörterte findet immer statt, wenn man das Ammoniaksalz einer organischen Säure als Nahrung verwendet. Die Nährlösung wird alkalisch und zuerst für Schimmel- und Sprosspilze, nachher auch für Spaltpilze ungünstiger. Enthält die angewendete Flüssigkeit freie Säure, so wird sie nach und nach neutral und dann alkalisch; die Schimmel- und Sprosspilze, die anfänglich begünstigt waren, werden nachher von den Spaltpilzen verdrängt. Ist eine Nährlösung so sehr alkalisch geworden, dass alles Pilzwachsthum darin aufhört, so vermindert sich bei längerem Stehen die alkalische Beschaffen-

heit durch Entweichen von Ammoniak und die Pilze können wieder wachsen.

Auch bei der Anwendung von manchen organischen Verbindungen, die zugleich Kohlenstoff und Stickstoff enthalten (wie Asparagin, Kreatin, Harnsäure etc.), wird die Nährflüssigkeit bei der Assimilation durch Freiwerden von Ammoniak alkalisch. Doch kann, da die Pilze ein grösseres oder geringeres Oxydationsvermögen besitzen, unter Umständen der Fall eintreten, dass ein Theil des entstehenden Ammoniaks zu Salpetersäure oder salpetriger Säure oxydirt wird, welche sich mit dem übrigen Ammoniak verbindet.

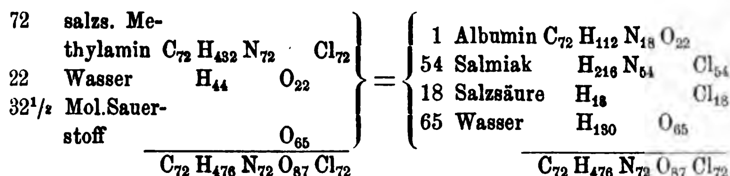
Dieser Vorgang fand bei dem später unter Nr. 36 erwähnten Versuch statt. Die aus Acetamid bestehende Nährlösung behielt während der Pilzbildung ihre ganz schwach saure Reaction und es bildete sich unter Sauerstoffaufnahme viel salpetrigsaures Ammoniak, worüber, wenn wir bloss die Albuminbildung berücksichtigen, folgende Gleichung Aufschluss geben kann.



		=	1 Albumin	$C_{72}\ H_{112}\ N_{18}\ O_{22}$
36 Acetamid	$C_{72}\ H_{180}\ N_{36}\ O_{36}$	=	9 salpetrigsaur. Ammoniak	$H_{36}\ N_{18}\ O_{18}$
10 Mol. Sauerstoff	O_{20}	=	16 Wasser	$H_{32}\ O_{16}$
	$C_{72}\ H_{180}\ N_{36}\ O_{56}$			$C_{72}\ H_{180}\ N_{36}\ O_{56}$

Wird ausser dem Albumin eine demselben gleiche Gewichtsmenge Cellulose erzeugt, so vermehrt sich die Menge des salpetrigsauren Ammoniaks um 15 Moleküle.

Ich führe noch einige Beispiele anderer Veränderungen der Nährlösung an. Eine neutrale Lösung von salzsaurem Methylamin (Versuch 35) wurde, indem sich eine Vegetation von Spaltpilzen bildete, schwach sauer. Sie enthielt wenig freie Salzsäure und viel Salmiak. Der Assimilationsvorgang bezüglich der Albuminate kann durch folgende Gleichung erklärt werden:



72	salzs. Methylamin	C_{72}	H_{432}	N_{72}		Cl_{72}
22	Wasser		H_{44}		O_{22}	
32½	Mol. Sauerstoff				O_{65}	
		C_{72}	H_{476}	N_{72}	O_{87}	Cl_{72}

=

1	Albumin	C_{72}	H_{112}	N_{18}	O_{22}	
54	Salmiak		H_{216}	N_{54}		Cl_{54}
18	Salzsäure		H_{18}			Cl_{18}
65	Wasser		H_{130}		O_{65}	
		C_{72}	H_{476}	N_{72}	O_{87}	Cl_{72}

Noch grössere Mengen von Salmiak und Salzsäure als bei der Bildung von Albumin müssen entstehen, wenn gleichgrosse Gewichtsmengen von stickstofffreien Verbindungen assimilirt werden. — Die geringe Menge der in der Lösung zuletzt vorgefundenen freien Salzsäure mag theils dadurch erklärt werden, dass während der langen Versuchsdauer ein Theil der Salzsäure durch Verdunstung fortging, theils dadurch, dass ein Theil derselbenn sich mit Zersetzungsprodukten der Pilzsubstanz verbunden hatte.

Eine Nährlösung, welche Harnstoff und Aethylalkohol enthielt (Versuch 34), wurde im Brütkasten (36° C) mit der Bildung von Spaltpilzen sauer, indem diese einen Theil des Alkohols zu Essigsäure oxydirten. Die nämliche Nährflüssigkeit wurde bei Zimmertemperatur ebenfalls mit Erzeugung von Spaltpilzen schwach alkalisch, indem hier die Essigbildung entweder mangelte, oder wenigstens nicht ausreichte, um das aus dem Harnstoff gebildete kohlensaure Ammoniak zu neutralisiren. Die saure Reaction beim ersten Versuch war die Ursache, warum sich nur eine mässige Spaltpilzvegetation entwickelte und nach 14 Tagen durch reichliche Schimmelpilze abgelöst wurde, während beim zweiten Versuch die Spaltpilze sich stark vermehrten und die Schimmelpilze auch nach 6 Wochen noch ausblieben.

Wenn, wie dies in den soeben angeführten Beispielen der Fall war, die neuen Verbindungen bei der Assimilation in grösserer Menge entstehen, so haben dieselben auf die Vegetation der Pilze und auf die Ernte einen merklichen

Einfluss. Es bilden sich aber ausserdem auch neue Verbindungen in so geringer Menge, dass sie bei der Vergleichung verschiedener Nährsubstanzen vernachlässigt werden können. Die chemische Analyse weist einige solcher Verbindungen nach. Ich will hier nur von einer Erscheinung sprechen, die zwar schon beobachtet wurde, aber nicht die richtige Beurtheilung gefunden hat; es ist die Bildung eines gelösten Farbstoffes. von gelbgrünem bis blaugrünem Ton bei der Kultur von Spaltpilzen.

Diese Färbung der Nährflüssigkeit wurde bei einer Menge unserer Kulturen beobachtet, vorzüglich wenn ein Ammoniaksalz oder eine andere einfach zusammengesetzte Nährsubstanz (z. B. Harnstoff mit Weingeist oder Asparagin) zur Anwendung kam. Dass das Wasser selbst gefärbt war, ergab sich deutlich in denjenigen Fällen, wo es die unveränderte Farbe behielt, während die Pilze sich als farbloser Niederschlag absetzten. Wie es scheint, tritt die Färbung nur bei alkalischer Reaction auf, wobei die Flüssigkeit nach Ammoniak riecht. Sie ist ferner Folge einer Oxydation. Denn sie beginnt an der Oberfläche und schreitet nach unten hin fort; — man beobachtet dies indess nur, wenn keine Bewegung (auch nicht von schwärmenden Spaltpilzen) in der Flüssigkeit vorhanden ist. Diese zeigt sich dann in einem früheren Stadium oben intensiv gefärbt, unten farblos. Bei Luftabschluss bleibt die Färbung ganz aus. Die Lösung fluoreszirt zuweilen sehr deutlich, indem sie im auffallenden Lichte grün, im durchfallenden Lichte gelb aussieht und einer Lösung von Fluorescein vollkommen gleicht.

Von den später angeführten Versuchen war beispielsweise die Flüssigkeit mit weinsaurem Ammoniak grünlich, diejenige mit milchsaurem Ammoniak gelblich, diejenige mit essigsaurem Ammoniak blaugrünlich (Versuch 24 a, b, c), diejenige mit salicylsaurem Ammoniak (Versuch 31) stark

grün, diejenige mit Asparagin.(Versuch 21) hellgrün, diejenige mit Harnstoff und Weingeist (Versuch 34, das Glas in Zimmertemperatur) starkgrün und fluorescirend.[5])

Eine grosse Zahl von vergleichenden Beobachtungen über die Ernährung des Bierhefenpilzes war schon 1869 von A. Mayer (Untersuchungen über die alkoholische Gärung) angestellt worden. Derselbe kam aber in dieser ersten Arbeit zu einem Resultat, welches im Gegensatze zu den oben ausgesprochenen Regeln steht. Es sollten nämlich in einer Zuckerlösung „diejenigen stickstoffhaltigen organischen Körper, die die complizirteste Zusammensetzung haben und verhältnissmässig sauerstoffarm sind" (nämlich die Albuminate) fast gar nicht ernähren, „diejenigen stickstoffhaltigen organischen Körper, die verhältnissmässig hoch oxydirt sind und den Ammoniakverbindungen näher stehen", sollten

---

5) Die besprochene Erscheinung ist ganz anderer Natur als die bekannten (namentlich rothen) Färbungen, welche die Spaltpilze selbst zuweilen zeigen, und daher nicht mit denselben zu vermengen. Auch ist die Entstehung sowohl der einen als der andern Färbung nicht ein Speciesmerkmal, wie Schroeter und Cohn irrthümlich angenommen haben, und beschränkt sich gleichfalls nicht auf Micrococcus-Formen.

Was den gelösten Farbstoff von grünlichem Ton betrifft, so entsteht derselbe erst nachträglich durch Oxydation aus einer noch unbekannten, bei der Assimilation frei werdenden farblosen Verbindung. — Was die Färbung der Spaltpilze selbst betrifft, so hat dieselbe ohne allen Zweifel ihren Sitz in den weichen Zellmembranen, und ist eine analoge Erscheinung wie die Färbung der Zellhäute vieler Nostochinen, die mit den Spaltpilzen in so naher morphologischer Beziehung stehen. Dass sie nicht zur spezifischen Unterscheidung benutzt werden darf, geht deutlich aus Kulturversuchen hervor. Ein Spirillum, welches intensiv rothe Decken auf Sumpfwasser bildete, gab bei der Kultur in verschiedenen Nährflüssigkeiten nur selten wieder roth gefärbte Spirillen; meistens wurden die Pilze farblos und verloren mehr oder weniger ihre schraubenförmige Gestalt, indem sie sich zu schwach gebogenen oder auch ganz geraden Stäbchen streckten.

besser und die Ammoniaksalze am besten ernähren. Bei einer spätern Untersuchung (Nobbe's Landwirthschaftliche Versuchsstationen 1871) wurden diese Aussprüche dahin modifizirt und ergänzt, dass die Ernährungstüchtigkeit einer stickstoffhaltigen Verbindung vorzüglich von ihrem Vermögen, durch Membranen zu diosmiren, abhängig und dass zu den bestnährenden auch Pepsin und die peptonartigen Stoffe zu zählen seien.

Die Untersuchungsmethode war folgende. Kleine Glasfläschchen wurden mit 20 ccm Nährlösung versehen, eine Spur Bierhefe zugesetzt, aus dem Gewichtsverlust die entwichene Kohlensäure Tag für Tag bestimmt und daraus auf die Intensität der Gärung, sowie aus dieser auf das Wachsthum der Hefe geschlossen. Vom chemischen Gesichtspunkte sind die getroffenen Vorsichtsmassregeln wohl als ausreichend zu betrachten, — und die Folgerungen, die aus den zahlreichen Versuchen nicht bloss rücksichtlich der Assimilationsfähigkeit der stickstoffhaltigen Verbindungen, sondern auch rücksichtlich der Wirksamkeit der Mineralstoffe (Aschenbestandtheile) gezogen wurden, wären ebenfalls nicht zu beanstanden, wenn die dabei obwaltende Voraussetzung zuträfe, dass in den verschiedenen Nährlösungen wenigstens in ganz überwiegendem Masse die gleichen morphologischen und physiologischen Vorgänge, nämlich Bildung von Alkoholhefe und geistige Gärung, stattgefunden haben. Diese Voraussetzung konnte zur Zeit, als die Versuche angestellt wurden, nach dem, was damals bekannt war, von dem Chemiker unbedenklich gemacht werden. Sie hat sich aber durch die seitherige Erfahrung als irrthümlich erwiesen. Es giebt zwei Gründe, warum die fraglichen Versuche als unbrauchbar zu betrachten sind.

Der erste Grund besteht darin, dass die Kulturen nicht rein waren. Es giebt keine Bierhefe, die nicht eine grössere oder geringere Anzahl von Spaltpilzen enthielte. Besonders

unrein ist aber die Presshefe; in derselben befinden sich nicht nur grosse Mengen von Spaltpilzen, sondern auch Schimmelsporen (besonders von Penicillium) und wohl auch Sprosshefezellen, die keine oder nur geringe Gärung verursachen. A. Mayer verwendete zu seinen Versuchen Presshefe, wie unzweifelhaft daraus sich ergiebt, dass es „käufliche Hefe" war, in welcher „immer Stärkmehl gefunden" wurde. Durch Schlämmen lassen sich wohl die Stärkekörner, nicht aber die anderen Pilze und Pilzkeime entfernen, da diese nahezu das gleiche spezifische Gewicht besitzen wie die Sprosshefezellen. Wenn man Presshefe zur Aussaat benutzt, so säet man nach den verschiedenen Proben, die ich davon untersucht habe, zwar ein viel grösseres Gewicht von Sprosspilzen, aber häufig eine gleiche oder grössere Individuenzahl von Spaltpilzen aus. Wären aber auch die Sprosspilze in stark überwiegender Anzahl vorhanden, so wäre dadurch bloss bei Aussaat von beträchtlichen Mengen ihre fast ausschliessliche Vermehrung gesichert, wie ich anderswo nachgewiesen habe (Theorie der Gärung).

Werden bloss Spuren in die pilzfreie Nährflüssigkeit ausgesäet, wie dies bei den fraglichen Versuchen der Fall war, so entscheidet nicht mehr die relative Menge, in welcher ein Pilz in dieser Spur enthalten ist, darüber, ob er gegenüber den andern Pilzen sich zu behaupten vermöge. Sondern es hängt nun von der Beschaffenheit der Nährflüssigkeit, von der Temperatur, von dem Zutritte der Luft und von anderen noch unbekannten Ursachen ab, welche Pilze zur Entwickelung gelangen und die anderen mehr oder weniger verdrängen. Bei sehr zahlreichen Versuchen, welche ich vor Jahren mit verschiedenen neutralen Nährlösungen bei Aussaat kleiner Mengen von Bierhefe anstellte, erhielt ich fast nie eine nur einigermassen reine Vegetation derselben, sondern damit gemengt geringere oder grössere Mengen von Spaltpilzen mit Milchsäure- und Buttersäure-

gärung oder Schleimbildung oder Mannitbildung; oft auch wurde die Bierhefe durch die Spaltpilze ganz verdrängt.[6])

In den Fläschchen von A. Mayer musste das Nämliche eintreten; — und dass es wirklich der Fall gewesen ist, geht auch aus den beiläufigen Bemerkungen über die beobachteten Organismen hervor (eine genaue und erschöpfende mikroskopische Untersuchung der Ernten, um die verschiedenen Pilze und ihre relativen Mengen festzustellen, wurde nicht vorgenommen). In manchen Fällen wurde nämlich eine schleimige Haut an der Oberfläche, ohne Zweifel aus Spaltpilzen bestehend, in andern „Mycoderma vini", in noch andern Schimmelpilze, selbst fructifizirend, wahrgenommen.

Alle Pilze entwickeln Kohlensäure; bei Gärungen durch Spaltpilze (Mannit-, Milchsäure-, Buttersäurebildung) wird dieselbe in grösseren Mengen entwickelt. Nach den neueren Beobachtungen ist es auch ausser Zweifel gestellt, dass Alkohol durch Spaltpilze gebildet wird. Die entweichende Kohlensäure und der in der Flüssigkeit vorgefundene Alkohol kann also in keinem Falle, wie es von A. Mayer versucht wurde, als Massstab für das Wachsthum der Sprosshefe benützt werden. Dass Milchsäuregärung in manchem seiner Versuche, in denen sie nicht beobachtet wurde, stattgefunden habe, dafür spricht das Auftreten von Schimmelpilzen. Denn diese stellen sich nicht leicht in der unveränderten Nährlösung, noch in einer Flüssigkeit, die reich an Alkohol- oder Essigsäure ist, ein, wohl aber folgen sie mit Vorliebe auf Milchsäurebildung. — Die Kohlensäureent-

6) In Folge dieser Erfahrungen wurde die Methode der Aussaat minimaler Mengen von Sprosshefe ganz aufgegeben, insoferne nicht vorher durch besondere Versuche eine Reinzucht hergestellt werden konnte, oder in der hinreichend sauren Beschaffenheit der Flüssigkeit die Gewähr für die Existenzfähigkeit der Sprosspilze gegeben war.

wickelung nebst Alkoholbildung ist aber nicht bloss ungeeignet, über die Ernährung der Sprosshefe Auskunft zu geben. Sie kann auch nicht als Anhalt für die Ernährung der Pilze überhaupt dienen. Es wäre selbst möglich, dass ein Versuch mit den besten Nährsubstanzen die grösste Menge von Pilzsubstanz, aber die geringste Menge von Kohlensäure und Alkohol erzeugte.

Ein anderer ebenso schwer wiegender Grund, warum Versuche wie die in Frage stehenden als unbrauchbar zu erklären sind, besteht in dem mit denselben nothwendig verbundenen ungleichen Zutritt von Sauerstoff. Das Gedeihen der verschiedenen Pilze ist wesentlich von dem Grade der Oxydation abhängig, welche der Genuss des freien Sauerstoffs ihnen gestattet. Jeder Pilz zeigt in der nämlichen Nährflüssigkeit bei vollständigem Abschluss der Luft das geringste Wachsthum (resp. vollständigen Mangel an Wachsthum), und mit der allmäligen Zunahme des Luftzutrittes ein stetig zunehmendes Wachsthum. Die erste Regel für alle vergleichenden Untersuchungen über Ernährung der Pilze verlangt daher für alle eine gleichgrosse Betheiligung des freien Sauerstoffs. Diess kann dadurch geschehen, dass man denselben ganz ausschliesst, oder dadurch, dass man in offenen flachen Gefässen von gleicher Form ungehinderten Luftzutritt gestattet, oder endlich dadurch, dass man gleich grosse Mengen von Luft in Blasen von gleicher Grösse und in gleicher Zeit durch die sonst abgeschlossene Flüssigkeit durchstreichen lässt. Die Versuche von A. Mayer waren aber so angestellt, dass der Luftzutritt ganz ungleich ausfallen musste. An den Fläschchen befanden sich nämlich luftdicht befestigte Chlorcalciumröhrchen, die am Ende mit einem Kautschukventil verschlossen waren. Bei hinreichender Kohlensäureentwickelung konnte kein Sauerstoff eintreten; bei sehr schwacher oder mangelnder Kohlensäurebildung dagegen

drang Sauerstoff ein, wie dies deutlich aus dem Umstande hervorgeht, dass in manchen Fläschchen schon nach wenigen Tagen eine Gewichtszunahme, bei einigen abwechselnd Zunahme und Abnahme, in einzelnen Fällen selbst ein rasche Zunahme des Gewichtes beobachtet wurde. Es ist möglich, dass die Sauerstoffaufnahme nur in ganz wenigen Fällen, vielleicht auch in keinem einzigen vollständig gemangelt hat. Immerhin kann die jeden Tag beobachtete Gewichtsveränderung nur als die Differenz der entwichenen Kohlensäure und des eingedrungenen Sauerstoffs gelten. Sie ist daher theils aus diesem Grunde, theils desswegen, weil der in ungleicher Menge aufgenommene Sauerstoff die Vegetation in ungleichem Grade beeinflusste, kein Mass für die Assimilationsfähigkeit der Nährflüssigkeit.

Nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft giebt es, wie ich glaube, keine andere auch nur einigermassen genügende Methode für die vergleichende Untersuchung der Ernährungstüchtigkeit verschiedener Nährstoffe, als Gleichhaltung aller äusseren Umstände (namentlich auch des Luftzutrittes), Sicherstellung, dass die nämlichen Pilzvegetationen in den verschiedenen Versuchen auftreten, und quantitative Bestimmung des Ernteergebnisses, wenigstens der gesammten Gewichtszunahme und der Stickstoffzunahme.

Bezüglich der Ausführung unserer Versuche bemerke ich Folgendes. Im Jahr 1868/9 verwendete ich als mineralische Nährstoffe ausgeglühte Asche von Fichtenholz, von jungen Trieben der Rosskastanie und von Erbsen, die durch Phosphorsäure neutralisirt war, ferner ausgeglühte Asche von Bierhefe, — und zwar jeweilen 0,1 g auf 100 ccm Flüssigkeit. Für Spaltpilzkulturen wurden neutrale Nährlösungen benutzt, für Schimmelkulturen wurden dieselben mit der auf Assimilationsfähigkeit zu untersuchenden or-

ganischen Säure oder mit Phosphorsäure stark angesäuert. Für Kontrollversuche dienten immer die nämlichen Nährlösungen mit Ausschluss der zu prüfenden organischen Verbindung oder der Asche. Die Versuche beschränkten sich meistens darauf, fest zu stellen, ob eine Lösung ernähre oder nicht.

Ich führe einige der 1868/9 angestellten Versuche an. Die Nährflüssigkeit betrug jedes Mal 300 ccm.

1. Phosphorsaures Ammoniak 0,2 Proz., Citronensäure 1,4 Proz. — Sehr reichliche Schimmel- und Sprosspilze.

1,b. Der Kontrollversuch, in welchem nur das phosphorsaure Ammoniak fehlte, gab beide Pilze sehr spärlich; ebenso der andere Kontrollversuch (1,c), in welchem bloss die Citronensäure mangelte.

2. Essigsaures Ammoniak 0,4 Proz., essigsaures Natron 1 Proz. — Anfänglich kleine Schimmelrasen an der Oberfläche. Dann zahllose Spaltpilze, die Flüssigkeit trübend und eine Decke bildend.

2,b. Der Kontrollversuch, in welchem das essigsaure Ammoniak weggelassen war, gab nur ein äusserst dünnes Häutchen aus winzigen Spaltpilzen (Micrococcus) und spärlichen Monaden bestehend.

2,c. Der Kontrollversuch, in welchem bloss die Asche weggelassen war, gab einige untergetauchte Schimmelrasen, dann eine sehr dünne Schimmeldecke (Mucor).

3. Essigsaures Ammoniak 0,4 Proz., essigsaures Natron 1 Proz.; mit Phosphorsäure angesäuert, also von Nr. 2 durch die saure Reaction unterschieden. — Ziemlich reichliche Schimmel- und Sprosspilze. Später, als die Reaction neutral und alkalisch wurde, Spaltpilze, eine dünne Decke bildend und die Flüssigkeit trübend.

4. Essigsaures Ammoniak 0,4 Proz., essigsaures Natron 1 Proz., Essigsäure 1 Proz. — Nach einiger Zeit starke Schimmeldecke.

behauptet wurde, aber um mit Grund angenommen zu werden, doch noch weiterer genauer Untersuchungen bedürfte.

10,d. Ein Kontrollversuch zu Nr. 7, 8, 9, 10, bei welchem sowohl die Stickstoffquellen (Ammoniak oder Salpetersäure) als die Aschenbestandtheile mangelten, der also nur Zucker enthielt, ergab eine äusserst schwache Vegetation zuerst von Spaltpilzen und Monaden und dann von Schimmelfäden in der sauer gewordenen Flüssigkeit. Die Vegetation war noch schwächer als in 10,b.

11. Phosphorsaures Ammoniak 0,11 Proz., Oxalsäure 0,12 Proz., welche dazu dienten um die bei diesem Versuche unverändert zugesetzte Holzasche zu neutralisiren. — Die Flüssigkeit blieb unverändert.

12. Phosphorsaures Ammoniak 0,13 Proz., aus Zucker dargestelltes Humin, welches vorher mit Ammoniak bis zu schwach alkalischer Reaction versetzt worden war, 0,66 Proz. — Die Flüssigkeit blieb unverändert. Das Humin war unlöslich.

Bei den Versuchen, welche ich im Jahr 1870/1 gemeinschaftlich mit Dr. Walter Nägeli anstellte, wurden die mineralischen Stoffe ebenfalls als Asche zugesetzt. Da der Hauptzweck dieser Versuche dahin ging, die Wirkung der Anwesenheit und des Mangels von freiem Sauerstoff zu prüfen, so wurden zum Theil wieder die nämlichen, zum Theil andere Nährstoffe verwendet, indem je einige Gläser mit Luftabschluss und einige zur Kontrolle mit Luftzutritt behandelt wurden. Ich will hier bloss von den letzteren sprechen, und zwar nur insofern sie von den bereits angeführten verschieden sind.

13. Essigsaures Ammoniak 0,7 Proz., reinster Rohrzucker 11 Proz. — Reichliche Spaltpilze, die Flüssigkeit trübend, und nachdem die Flüssigkeit durch Milchsäure-

bildung sauer geworden, Sprosshefen- und Schimmelbildung oder nur die letztere.

14. Essigsaures Ammoniak 0,8 Proz., reinster Rohrzucker 11 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz. — Sprosshefe und Gärung; dann Schimmelbildung. Die Ernte war etwas geringer als bei Nr. 13.

14,b. Ebenso, aber 0,4 Proz. P_2O_5. — Wie Nr. 14, aber Gärung weniger lebhaft, Schimmelbildung fast gleich.

15. Salpetersaures Ammoniak 0,4 Proz., reinster Rohrzucker 11 Proz. — Spaltpilz- und Milchsäurebildung mässig, aber äusserst reichliche Schimmelbildung, wohl 20 mal reichlicher als bei Nr. 14 und 13.

16. Salpetersaures Ammoniak 0,4 Proz., reinster Rohrzucker 11 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz. — Sprosshefenbildung und Gärung ziemlich lebhaft, dann Schimmelbildung. Ernte ziemlich wie Nr. 14, aber mehr als 20 mal geringer als bei Nr. 15.

17. Harnstoff 1 Proz., 2 Proz. und 4 Proz. — Keine Pilze.

18. Harnstoff 1 Proz., Citronensäure 2 Proz. — Reichliche Schimmelbildung.

19. Harnstoff 1 Proz., reinster Rohrzucker 9 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz. — Sprosshefe und Gärung, dann reichliche Schimmelbildung.

20. Harnstoff 1 Proz., Glycerin 9 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz. — Reichliche Schimmelbildung.

21. Asparagin 1 Proz. — Die Nährflüssigkeit wird trüb und alkalisch, mit starkem ammoniakalischem Geruch und mit zahllosen kurzen stäbchenförmigen Spaltpilzen in Schwärmbewegung.

22. Asparagin 1 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,3 Proz. — Sehr geringe Schimmelbildung.

23. Asparagin 1 Proz., Citronensäure 1 Proz. —

Reichliche Sprosspilzbildung. Die Schimmelpilze waren durch die Versuchsanordnung ausgeschlossen.

Die Versuche, welche im Jahr 1875/6 gemeinschaftlich mit Dr. W. Nägeli ausgeführt wurden, hatten gleichfalls den Zweck, die Wirksamkeit der An- und Abwesenheit von freiem Sauerstoff zu untersuchen. Die Mineralsubstanzen wurden wieder als Asche von Hefe, Erbsen, Holz, Tabak, die durch Phosphorsäure neutralisirt war, zugesetzt, in vielen Fällen aber auch als Salzlösungen, nämlich phosphorsaures Kali, schwefelsaure Magnesia und Chlorcalcium in den entsprechenden Mengen. Von den zur Kontrolle angestellten Versuchen mit Luftzutritt mögen folgende, die nicht bereits früher angeführt sind, erwähnt werden.

24. Milchsaures Ammoniak 0,4 Proz., mineralische Nährsalze. — Reichliche Spaltpilzbildung. Ein bemerkenswerther Unterschied in der Erntemenge gegenüber gleichzeitig angestellten und in jeder Beziehung gleich behandelten Versuchen mit Lösungen b) von weinsaurem Ammoniak und c) essigsaurem Ammoniak [7]) war nicht zu beobachten.

25. Bernsteinsaures Ammoniak 0,5 Proz., mineralische Nährsalze. — Reichliche Spaltpilzbildung.

26. Oxalsaures Ammoniak 0,3 Proz., mineralische Nährsalze. — Keine Pilzbildung.

27. Oxalsaures Ammoniak 1 Proz., Oxalsäure 1 Proz., mineralische Nährsalze. — Keine Pilzbildung.

28. Oxalsaures Ammoniak 1 Proz., Oxalsäure 1 Proz., reinster Rohrzucker 13 Proz., mineralische Nährsalze. — Sehr reichliche Schimmelvegetation.

---

7) Bei andern Versuchen stand das essigsaure Ammoniak an Ernährungstüchtigkeit entschieden dem weinsauren und milchsauren Ammoniak nach.

29. Ameisensaures Ammoniak 0,1 Proz., mineralische Nährsalze. — Unverändert, sowohl im Brütkasten als bei Zimmertemperatur.

30. Phenol (Carbolsäure) 0,08 Proz., Ammoniak etwa 0,2 Proz., mineralische Nährsalze. Die Reaction der Nährflüssigkeit war fast neutral (ganz schwach alkalisch). — Ein Glas, das in den Brütkasten gestellt wurde, blieb unverändert. Die zwei in Zimmertemperatur befindlichen Gläser trübten sich und zeigten ziemlich zahlreiche Spaltpilze (eine winzige Micrococcusform), das eine überdem spärliche, das andere viele Sprosspilze.

31. Salicylsaures Ammoniak 0,1 Proz., mineralische Nährsalze. — Sehr reichliche Vegetation von Spaltpilzen (Micrococcus und Bacterium), welche die Flüssigkeit trübten, stark grün färbten und einen etwas fauligen Geruch verursachten; — dies in zwei Gläsern bei Zimmertemperatur. Ein im Brütkasten befindliches Glas blieb anfänglich unverändert; nach 2 Monaten bildeten sich ein paar Schimmelrasen an der Oberfläche; keine Spaltpilze.

32. Phosphorsaures Ammoniak 0,5 Proz., Glycerin 5 Proz., Asche, Kreide. — Aeusserst reichliche Spaltpilzbildung, und später auf der sauren Flüssigkeit eine Schimmeldecke.

33. Die Versuche über Ernährungstüchtigkeit der Humussubstanzen wurden mit Torf angestellt. Derselbe wurde in der Kälte oder in der Wärme mit Wasser, das 0,5 Proz. kohlensaures Ammoniak enthielt, ausgelaugt und die Lösung zu den Versuchen benützt. Oder es wurden die Gläser zur Hälfte mit Torf und dann zu $^3/_4$ mit Wasser gefüllt, welches entweder keinen Zusatz erhielt, oder mit 0,2 bis 0,5 Proz. kohlensaurem Ammoniak, mit 0,2 Proz. Ammoniak, mit 0,1 Proz. Kali versetzt war. Die Gläser erfuhren entweder keine weitere Behandlung, oder sie wurden zunächst während längerer Zeit (20 Stunden) einer Tem-

peratur von 90 bis 92° C. ausgesetzt. Die Lösungen, welche einen Zusatz von kohlensaurem Ammoniak, von Ammoniak oder von Kali erhalten hatten, reagirten schwach alkalisch oder sie waren beinahe neutral; diejenigen ohne Zusatz zeigten äusserst schwach saure Reaction.

Die Kulturresultate waren sehr verschiedene. Einige Male bildete sich in den Lösungen bald eine mehr spärliche bald eine reichliche Vegetation von Spaltpilzen (Micrococcus und Spirillum, seltener Bacterien), in welcher sich dann auch Monaden einstellten. Ein Mal blieb jede Pilzbildung aus, wie dies auch bei Anwendung von künstlichem Humus der Fall gewesen (Versuch 12). Ich setze den negativen Erfolg auf Rechnung der Unlöslichkeit der Humussubstanzen, nicht etwa, wie man allenfalls vermuthen könnte, auf den Mangel an mineralischen Nährsalzen, an denen mancher Torf sehr arm ist. Denn es stellte sich eine ziemlich reichliche Algenvegetation ein.

34. Harnstoff 0,5 Proz., Aethylalkohol 2,3 Proz., mineralische Nährsalze. — Ein Glas im Brütkasten zeigte mässige Spaltpilzbildung mit saurer Reaction, nachher eine dicke Schimmeldecke. Ein anderes Glas bei Zimmertemperatur ergab eine sehr reichliche Spaltpilzvegetation mit schwach alkalischer Reaction. Ueber den chemischen Befund habe ich bereits oben gesprochen.

34,b. Kontrollversuche, bei denen der Harnstoff mangelte, zeigten im Brütkasten eine äusserst spärliche Spaltpilzvegetation, bei Zimmertemperatur gar keine Veränderung.

35. Salzsaures Methylamin 0,5 Proz., mineralische Nährsalze. — Ziemlich reichliche Spaltpilzbildung. Das Auftreten von Salmiak und freier Salzsäure bei diesem Versuche wurde bereits erwähnt.

36. Acetamid 0,5 Proz., mineralische Nährsalze. — Reichliche Spaltpilzbildung. Von dem dabei entstehenden salpetrigsauren Ammoniak wurde oben gesprochen.

37. Oxamid 0,5 Proz., mineralische Nährsalze. — Nach zwei Jahren war die Flüssigkeit noch unverändert.

Ich halte es für überflüssig, anderer Versuche, die kein sicheres Resultat gegeben haben, wie z. B. mit buttersaurem Ammoniak, baldriansaurem Ammoniak, Glycocoll, Acetanilid, Tannin, Salicin besonders zu erwähnen. Wenn Pilzbildung ausbleibt, so ist ja immer die Frage, ob die angewendeten Verbindungen ernährungsuntüchtig sind oder ob in anderen Verhältnissen die Ursache zu suchen ist. Tritt nur spärliche Vegetation auf, so können die angewendeten Verbindungen schwer assimilirbar, oder die Ernährung kann durch verunreinigende Stoffe bewirkt sein. — Ebenso spreche ich nicht von allen anderen Versuchen, wo das Resultat selbstverständlich ist, wo z. B. Zucker- oder Glycerinlösungen mit den verschiedensten stickstoffhaltigen Verbindungen als Nahrung dienten.

Wie bereits erwähnt wurde, habe ich in der bisherigen Aufzählung nur diejenigen Versuche berücksichtigt, bei denen der Luftzutritt gestattet war. Wird die Nährflüssigkeit unter Luftabschluss gehalten, so besteht, wie ich dies in der „Theorie der Gärung" angegeben, ausser der Assimilationsfähigkeit der organischen Verbindungen noch die fernere Bedingung für das Wachsthum der Pilzzellen, dass dieselben eine Gärthätigkeit von einem bestimmten Intensitätsgrad ausüben. Die Ernährung und Vermehrung der Pilze unterbleibt vollständig, wenn das Gärvermögen jenen Grad nicht erreicht, und ist um so lebhafter, je mehr es ihn überschreitet.

Die meisten Versuche, die ich über die Einwirkung des freien Sauerstoffs angestellt habe, betreffen die Spaltpilze. Bei diesen sind die Verhältnisse, wegen der verschiedenartigen Gärungen, die sie verursachen können, sehr

mannigfaltig und verwickelt. Um dennoch hier eine Vorstellung zu geben, wie die Assimilationstüchtigkeit der Pilze durch die Gärthätigkeit beeinflusst wird, will ich kurz die Ergebnisse der weniger zahlreichen Versuche mit Sprosspilzen mittheilen, bei denen sich die Sache, da sie nur Zucker zu vergären vermögen, viel einfacher gestaltet. Zur übersichtlicheren Darstellung fasse ich ganze Gruppen von Versuchen unter Nummern zusammen. Ich bemerke dazu, dass die Versuche zu verschiedenen Zeiten (in den Jahren 1868 bis 1876) und mit verschiedenen Nebenabsichten angestellt wurden. Daraus erklärt sich, dass die Mengenverhältnisse der angewendeten Nährstoffe oft ungleich ausfielen, was unerklärlich wäre, wenn sie mit Rücksicht auf einander angeordnet worden wären. Der Luftabschluss wurde immer durch Quecksilber bewirkt.

38. Es ist bekannt, dass der Traubenmost ohne Zutritt von Luft vergären kann. Richtig angestellte Versuche zeigen nun, dass die Gärung in dem nämlichen Most um so rascher eintritt, je länger derselbe vor dem Abschluss die Einwirkung der Luft erfahren hat und ebenso, je grösser bei gleicher Lufteinwirkung die Zahl der darin enthaltenen Keime ist, — dass es aber für die Menge der sich bildenden Hefe ohne Belang ist, ob der Traubensaft mit der Luft gar nicht in Berührung kommt, indem er unter Quecksilber ausgepresst wird, oder ob er bloss einige Minuten, einige Stunden oder 1 ½ Tage mit der Luft in Berührung war, ob die Gläser, in die er gefüllt wird, ausgekocht und von der verdichteten Luftschicht an ihrer Oberfläche befreit waren oder nicht, ob bloss klarer Traubensaft benutzt oder ob demselben eine beliebige Menge Traubenfleisch mit oder ohne Schalen beigemengt wird (die Zugabe von Traubenschalen beschleunigt die Hefenbildung, weil dieselben eine grössere Menge von Keimen in die Flüssigkeit bringen). Der nämliche Traubenmost, der bei

Zutritt von Luft in 20 bis 30 Tagen vergärt, bedarf dazu unter Abschluss von Luft 4 bis 7 Monate; — und von dem nämlichen Most bedürfen beispielsweise diejenigen Partieen, die sogleich nach dem Auspressen luftdicht abgeschlossen wurden, 15 bis 20 Wochen, diejenigen Partieen dagegen, die vor dem Luftabschluss während 18 Stunden in flachen Tellern der Lufteinwirkung ausgesetzt waren, 6 bis 9 Wochen zur vollständigen Vergärung.

Wenn man dem Traubenmost Zucker, Glycerin, Weingeist, ein Salz oder eine Säure zusetzt, so verläuft bei Luftzutritt die Gärung um so langsamer, je grösser der Zusatz ist; es vergärt auch nicht mehr aller Zucker und bei einer bestimmten Zusatzmenge tritt überhaupt keine Gärung mehr ein, während die Hefe sich zwar noch, aber sehr langsam und nur an der Oberfläche, wo sie in Berührung mit Luft ist, vermehrt. Bei Luftabschluss beobachtet man die gleichen Folgen schon bei viel geringeren Zusatzmengen, mit dem Unterschied jedoch, dass eine Vermehrung der Hefenzellen ohne Gärung nicht stattfindet, und dass somit die gleiche Zusatzmenge die Gärwirkung und die Assimilation aufhebt.

39. Gekochter Traubenmost, dem man geringste Mengen von Hefe zusetzt, verhält sich ganz wie der unveränderte. Die Versuche mit demselben gewähren den Vortheil, dass man bei hinreichender Vorsicht eine grössere Gewissheit erlangt, es beginne die Vegetation in mehreren zu vergleichenden Gläsern mit Hefezellen von ungefähr gleicher Zahl und Beschaffenheit.

40. Kalte Auszüge oder Abkochungen von getrockneten Weinbeeren (Rosinen) verhalten sich nicht anders als Traubenmost mit der einzigen Ausnahme, dass der Zucker gegenüber den stickstoffhaltigen Nährstoffen in grösserem und daher weniger günstigem Verhältniss vorhanden ist. Werden die Rosinen wiederholt gekocht und fügt man dem

nicht mehr süss, sondern bloss etwas herb schmeckenden Kochwasser Zucker und Säure (Wein- oder Citronensäure) bei, so ernährt dasselbe bei Abschluss der Luft die Hefenzellen ähnlich wie Traubenmost.

41. Abkochungen von Pflanzentheilen, die mehr oder weniger Zucker enthalten (Mohrrüben, Kartoffeln). Bei Luftabschluss findet Vermehrung der Sprosshefe statt, sicherer, wenn bis 1 Prozent Wein- oder Citronensäure zugesetzt wird (wegen des Ausschlusses der Spaltpilze), aber lebhafter ohne Säurezusatz.

42. Malzauszug verhält sich wie Nr. 41.

43. Abkochung von Bierhefe oder kalter Auszug derselben, mit Zusatz von 0,5 bis 1 Proz. Citronensäure oder 0,4 bis 0,6 Proz. Phosphorsäure (P_2O_5) ernährt die Sprosshefe bei Zutritt von Luft; aber bei Abschluss derselben wird entweder gar keine oder nur eine minimale Menge von Zellen gebildet, Letzteres ohne Zweifel in Folge der äusserst geringen Menge von Zucker, die das Hefenwasser enthält.

Wird der Hefenabsud (welcher 1 Proz. feste Substanz enthält) mit 1 Proz. Glycerin oder 1 Proz. Mannit und überdem (zur Verhinderung der Spaltpilzbildung) mit 0,4 Proz. Phosphorsäure versetzt, so ist der Erfolg ganz derselbe, nämlich reichliche Hefenbildung mit Sauerstoff, und so gut wie keine Hefenbildung, wenn die Luft ausgeschlossen ist.

Erhält dagegen der Hefenabsud einen Zusatz von 1 bis 10 Proz. Zucker[8]) und von 0,4 bis 1 Proz. Citronensäure oder 0,4 Proz. Phosphorsäure, so vermehrt sich die Sprosshefe ohne freien Sauerstoff und vergärt den Zucker fast vollständig.

---

8) Der hier sowie bei den folgenden Versuchen zugesetzte Zucker war Rohrzucker.

44. Fleischextractlösung verhält sich wie Hefenwasser, nur dass wegen vollständigen Mangels an Zucker auch die minimale Hefenbildung ausbleibt, wenn keine Luft zutritt oder kein Zucker zugesetzt wird, wie sich aus folgenden Versuchen, die je mehrfach angestellt wurden, ergiebt.

a) Wasser mit 1 Proz. Liebig'schem Fleischextract, ohne Luft. — Keine Sprosshefenbildung.

b) 1 proz. Fleischextractlösung mit 0,4 bis 0,6 Proz. Citronensäure mit Luft. — Reichliche Sprosshefe.

c) Ebenso, ohne Luft. — Keine Hefe.

d) Fleischextract 1 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,1 bis 6,2 Proz., mit Luft. — Hefe.

e) Ebenso, ohne Luft. — Keine Hefe.

f) Fleischextract 1 Proz., Glycerin 4,5 oder 9 Proz., mit Luft. — Sprosshefe, die aber leicht von Spaltpilzen verdrängt wird.

g) Fleischextract 1 Proz., Glycerin 4,5 oder 9 Proz., Citronensäure 0,5 Proz., mit Luft. — Reichliche Sprosshefe.

h) Ebenso, ohne Luft. — Keine Hefe.

i) Fleischextract 0,5 Proz., Glycerin 4 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 1 Proz., mit Luft. — Reichliche Hefe.

k) Ebenso, ohne Luft. — Keine Hefe.

l) Fleischextract 0,5 Proz., Zucker 4,5 Proz., oder Beides verdoppelt, ohne Luft. — Sehr reichliche Sprosshefe, wenn dieselbe nicht von Spaltpilzen verdrängt wird, und zwar zeigte sich die weniger concentrirte Lösung unter übrigens gleichen Umständen günstiger für die Sprosshefe.

m) Fleischextract 0,33 bis 1 Proz., Zucker 9 bis 13 Proz., Citronensäure 0,4 bis 0,8 Proz., ohne Luft. — Sehr reichliche Sprosshefe ohne Spaltpilze. Bei 2 Versuchen mit 0,33 Proz. Fleischextract, 13 Proz. Zucker und 0,7 Proz. Citronensäure fand vollständige weingeistige Vergärung statt. Bei 2 Versuchen mit 2 Proz. Fleischextract,

9 Proz. Zucker und 0,3 Proz. Citronensäure fand neben der geistigen Gärung etwas Spaltpilzbildung und Milchsäuregärung statt. Bei 3 Versuchen mit 1 Proz. Fleischextract, 20 Proz. Zucker und 0,8 Proz. Citronensäure trat nur geringe Vermehrung der Sprosshefenzellen und fast keine Alkoholbildung ein.

n) Fleischextract 0,4 bis 0,6 Proz., Zucker 9 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,3 bis 0,5 Proz., ohne Luft. — Sehr reichliche Sprosshefe ohne Spaltpilze.

o) Fleischextract 0,5 Proz., Zucker 9 Proz., Weingeist (absolut.) 4,2 Proz., ohne Luft. — Reichliche Sprosshefe, die aber nicht allen Zucker zu vergären vermag.

p) Fleischextract 0,4 Proz., Zucker 9 Proz., schwefelsaures Chinin 0,012 oder 0,0225 Proz., ohne Luft. — Reichliche Sprosshefe.

q) Fleischextract 0,5 Proz., Zucker 9 Proz., Alkohol (absolut.) 2 Proz., schwefelsaures Chinin 0,0066 Proz., ohne Luft. — Ziemlich viel Sprosshefe mit einer noch grösseren Menge von Spaltpilzen.

r) Fleischextract 0,5 Proz., Mannit 4,5 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz., mit Luft. — Sehr reichliche Sprosshefe.

s) Fleischextract 1 Proz., Mannit 1 Proz., Citronensäure 0,5 Proz., ohne Luft. — Reichliche Sprosshefe und Spaltpilze. Da der Mannit bei Ausschluss von Luft sonst nicht den Zucker ersetzen und die Sprosspilze ernähren kann, so hat ohne Zweifel bei diesem Versuch eine Umwandlung des Mannits in eine Glycoseform durch die Spaltpilze stattgefunden. Eine solche Umwandlung ist ja auch bereits früher von Berthelot nachgewiesen worden, und für den vorliegenden Versuch wird sie durch die beobachtete Entwicklung von Wasserstoffgas sehr nahe gelegt.

t) Fleischextract 1 Proz., Salicin 0,3 Proz., Citronensäure 0,5 Proz., ohne Luft. — Sprosshefe mit einer noch

grösseren Menge von Spaltpilzen, welche wahrscheinlich die Zuckerbildung aus dem Salicin bewirkten.

u) Fleischextract 1 Proz., Amygdalin 0,3 Proz., Citronensäure 0,5 Proz., ohne Luft. — Reichliche Sprosshefe, dabei Spaltpilze, denen wohl die Zuckerbildung aus dem Amygdalin zuzuschreiben ist.

45. Fleischauszug (aus gehacktem Fleisch mit der doppelten Menge destillirten Wassers, dem auf 125 ccm 1 Tropfen concentrirte Salzsäure und 0,6 g Kochsalz zugesetzt war, während 6 Stunden bei Zimmertemperatur bereitet) verhält sich ganz wie Fleischextract. Mit 0,2 bis 0,5 Proz. Phosphorsäure versetzt, ernährt derselbe bei Ausschluss der Luft wohl noch spärlich die Spaltpilze, aber nicht die Sprosshefenzellen.

46. Harn ernährt bei Luftabschluss die Sprosspilze nicht, man mag ihn mit Säure versetzen oder nicht. Bei Luftzutritt vermag er ziemlich reichliche Sprosshefe zu bilden, wenn man ihm zur Abhaltung der Spaltpilze 0,5 bis 1 Proz. Weinsäure oder Citronensäure zufügt. — Bei Zusatz von Glycerin (4,5 bis 9 Proz.) vermehren sich die Sprosspilze, wenn die Luft abgehalten wird, ebenfalls nicht; dagegen begünstigt das Glycerin ihre Vermehrung bei Luftzutritt sehr beträchtlich.

Wird der Harn mit Zucker (9 Proz.) und Säure (0,5 oder 1 Proz. Citronensäure) versetzt, so findet bei Luftabschluss reichliche Sprosshefenbildung, dann aber auch Spaltpilzbildung statt, was wohl so zu erklären ist, dass der Harnstoff in kohlensaures Ammoniak übergeht, wo durch die Säure neutralisirt wird. — Enthält der Harn 9 Proz. Zucker und 4,5 Proz. Alkohol (absolut.), so bleibt bei Abschluss von Luft die Vermehrung der Spross- und Spaltpilze aus; während bei Luftzutritt zuerst die Spaltpilze sich vermehren und Milchsäure erzeugen, worauf die Sprosspilze zu wachsen beginnen.

47. Eiweiss und Eigelb von Hühnereiern mit oder ohne Säurezusatz kann bei Ausschluss von Luft die Sprosspilze nicht ernähren, wohl aber die Spaltpilze. Eine Nährlösung enthielt beispielsweise 33 Proz. Eiweiss oder Eigelb und 1 Proz. Citronensäure; in andern waren die Mengen von Eiweiss und Eigelb geringer.

48. Blutalbumin (4 Proz.) und Phosphorsäure (0,5 Proz.) mit etwas neutralisirter Erbsenasche ernähren die Sprosshefenzellen nicht, wenn die Luft abgehalten wird, — wohl aber bei Zutritt derselben.

49. Asparagin 1 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,3 Proz., Hefenasche, ohne Luft. — Keine Sprosshefe.

b) Ebenso mit Luft. — Mässige Sprosshefenbildung.

50. Harnstoff 1 Proz., Citronensäure 2 Proz., mit Phosphorsäure neutralisirte Erbsenasche, ohne Luft. — Keine Sprosshefe.

b) Ebenso, mit Luft. — Mässige Sprosshefenbildung.

c) Harnstoff 1 Proz., Glycerin (von 1,2 spezif. Gew.) 9 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz., neutralisirte Erbsenasche, ohne Luft. — Keine Sprosshefe.

d) Ebenso, mit Luft. — Reichliche Sprosspilze und Spaltpilze.

e) Harnstoff 1 Proz., Zucker 9 Proz., Phosphorsäure (P_2O_5) 0,2 Proz., neutralisirte Erbsenasche, ohne Luft. — Reichliche Sprosspilze und Spaltpilze.

51. Ammoniaksalze (z. B. der Weinsäure, Essigsäure) allein vermögen, wiewohl ziemlich kümmerlich, die Sprosspilze bei Zutritt von Luft zu ernähren, zu welchem Zwecke die Spaltpilze durch freie Säure und die Schimmelpilze durch Reinkultur auszuschliessen sind. Bei Abhaltung der Luft findet keine Ernährung statt.

Wenn die Nährlösung ausser dem Ammoniaksalz noch Glycerin enthält, so ist der Erfolg bezüglich der Sprosspilze der nämliche, nur dass das Wachsthum unter dem

Einfluss des freien Sauerstoffs viel lebhafter wird, während es ohne denselben gleichfalls ausbleibt.

Aeusserst lebhaft ist das Wachsthum der Sprosspilze, wenn statt des Glycerins sich Zucker in der Flüssigkeit befindet und wenn reichlicher Sauerstoff zutritt. Doch wird bei dieser Nahrung die Hefe geschwächt und stirbt zuletzt ab. Enthält beispielsweise die Nährlösung 9 Proz. Zucker, 1 oder 0,5 Proz. neutrales weinsaures Ammoniak und etwas mit Phosphorsäure neutralisirte Erbsen- oder Hefenasche, und wird diese Lösung je nach 2 Tagen erneuert, so kann während der ersten 4 Tage die Hefe sich auf das 4 fache Gewicht vermehren, wenn die Trockensubstanz der jedes Mal zur Aussaat benutzten Hefenmenge 3 bis 4 Proz. der Nährflüssigkeit ausmacht. Aber das Wachsthum ist am Ende dieser kurzen Zeit schon viel träger geworden und es hört bei Fortsetzung des Versuches bald ganz auf, wobei die Spaltpilze die Oberhand gewinnen. Durch Erhöhung der Temperatur auf Brütwärme, durch reichliche Luftzufuhr, durch Zusatz einer grösseren Menge von Kaliphosphat und durch Anwendung von Nährsalzen statt der Asche wird zwar die Vegetation im Allgemeinen sehr befördert und durch etwas Säure werden die Sprosspilze gegenüber den Spaltpilzen begünstigt. Doch erleiden selbst unter den allergünstigsten Bedingungen die Sprosspilze, die den Stickstoff bloss in Form von Ammoniak erhalten, eine zunehmende Schwächung und gehen ihrem sicheren Untergang entgegen. Es lässt sich das Gewicht der Bierhefe mit Zucker und weinsaurem Ammoniak unter Durchleitung von Luft im Brütkasten während 64 Stunden auf das 12 fache vermehren. Aber die Hefezellen sind dann viel fettreicher und stickstoffärmer geworden und sie sind in ihrer Lebensenergie geschwächt, indem sie an Gärtüchtigkeit eingebüsst haben und viel leichter der Concurrenz der Spaltpilze erliegen (vgl. auch Nr. 52, 53).

Wird der Zutritt der Luft verhindert, so vermögen Ammoniaksalze mit Zucker die Sprosspilze zwar noch durch viele Generationen zu ernähren, aber die Vermehrung ist jetzt eine viel geringere und hört in Folge von Erschöpfung nach viel weniger Generationen auf als bei Zutritt von Sauerstoff.

Das Gesagte gilt für alle Ammoniaksalze, wobei indessen zu bemerken ist, dass wenn dieselben für sich allein die Sprosspilze ernähren sollen, das weinsaure, citronensaure, bernsteinsaure Salz günstiger wirkt als das essigsaure, und dieses günstiger als das salicylsaure und benzoësaure Ammoniak. Befindet sich aber Glycerin oder Zucker in der Nährflüssigkeit, so verhalten sich die verschiedenen Ammoniaksalze fast gleich, insoferne sie nicht antiseptisch wirken; auch das salpetersaure Ammoniak giebt keine ungünstigeren Resultate als die übrigen. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass bei Abschluss von Luft die Sprosspilze (wie alle Pilze) viel empfindlicher sind und daher ein allfälliger Säurezusatz sehr vorsichtig zu bemessen ist. So erweisen sich beispielsweise 0,8 Proz. Citronensäure in einer 9 proz. Zuckerlösung, welche 0,5 Proz. neutr. citronensaures Ammoniak und etwas Hefenasche enthält, entschieden als zu viel. Die Vermehrung der Sprosshefenzellen ist in diesem Falle äusserst träge; sie dauerte in mehreren Versuchen nach 2 Jahren noch fort; es hatte sich in dieser langen Zeit äusserst wenig Hefe gebildet und es war fast kein Zucker durch Gärung verschwunden. — Schädlicher als Citronensäure und Weinsäure wirken freie Essigsäure und freie Salpetersäure. Gänzlicher Mangel an freier Säure gewährt zwar die günstigsten Bedingungen für das Wachsthum der Sprosspilze, aber auch die grösste Gefahr, dass sie durch die Spaltpilze verdrängt werden.

Die nachfolgenden Versuche sind von Dr. O. Löw ausgeführt und beschrieben worden.

52. Ernährung der Sprosshefe durch weinsaures Ammoniak und Zucker unter dem Einfluss von Luft und Wärme (Oct. 1877).

Es ist eine seit lange gemachte Erfahrung, dass Luftzutritt und mässige Erwärmung das Wachsthum der Sprosshefe begünstigen, allein über den relativen Einfluss dieser Factoren sind noch keine näheren quantitativen Angaben bekannt und wurden dessbalb folgende Versuche angestellt:

Vier Flaschen a, b, c, d, erhielten gleiche Mengen Bierhefe, nämlich je 2,652 g Trockensubstanz entsprechend, und je einen Liter Nährflüssigkeit von folgender Zusammensetzung:

Zucker [9])	10	Prozent
Ammontartrat . .	0,5	„
Dikaliumphosphat .	0,035	„
Magnesiumsulfat .	0,006	„
Calciumchlorid . .	0,0015	„
Ammonsulfat . . .	0,0061	„

Die Flaschen a und c wurden in den Brütkasten (28—32° C) gestellt, b und d hatten Zimmertemperatur (15—19°); mit continuirlichem Luftstrom wurden a und b behandelt.

Nachdem so viel Zucker verschwunden war, dass man einen süssen Geschmack kaum mehr wahrnehmen konnte, wurde die überstehende Flüssigkeit von der Hefe abgegossen und neue Nährlösung zur Hefe gegeben. Aus der abgegossenen Flüssigkeit setzte sich nach längerem Stehen an einem kühlen Orte stets noch etwas Hefe ab, welche dann in die betreffenden Flaschen zurückgegeben wurde.

9) Unter Zucker ist hier stets der Colonialzucker des Handels zu verstehen.

Mit der fortschreitenden Gärung trat eine zunehmende saure Reaction [10]) auf, welche durch titrirte Ammoniakflüssigkeit neutralisirt wurde, um dem Hefenwachsthum keine ungünstigen Bedingungen erwachsen zu lassen. Bei a und c, also da wo höhere Temperatur einwirkte, erwies sich die Säurebildung am stärksten.

Am 10. Tage wurden die Versuche unterbrochen, die Ernten gewaschen und in Cylindergläschen absetzen lassen, um das Volum mit dem Gewichte vergleichen zu können, dann $^1/_{10}$ zur Trockensubstanzbestimmung verwendet.

Das Resultat war folgendes:

	Verbrauchte Liter Nährlösung	Erntegewicht	Erntevolum in cc	Ernte, im Vielfachen der Aussaat	Gewicht eines cc Hefe, nach dem Trocknen	Verbrauchte Menge Ammoniak
a	7	7,72 g	43,7	2,91	0,176 g	6,32 g
b	4	6,04	36,7	2,27	0,164	3,75
c	6	4,29	26,5	1,62	0,162	5,81
d	5	2,81	18,1	1,06	0,155	4,20

Gleichzeitiger Einfluss von Luft und Wärme begünstigte also in dem verhältnissmässig kurze Zeit dauernden Versuche das Resultat ungemein; denn in a wurde nicht nur das grösste Erntegewicht, sondern auch die bestgenährte Hefe erhalten, was aus dem Vergleich der specifischen Gewichte sich ergiebt.

Aus dem Resultat bei d ergiebt sich aber, dass die angewandte Nährlösung bei mangelhaftem Luftzutritt und gewöhnlicher Temperatur keine günstige Ernährung herbeiführte.

10) Auf eintretender Milchsäuregährung beruhend.

Die Stickstoffbestimmungen in den Ernten ergaben folgendes Resultat:

	Absolute Menge Stickstoff:	Stickstoff in Prozenten:
a	0,529	6,85
b	0,347	6,18
c	0,299	6,97
d	0,197	7,03
Aussaat	0,238	9,00

Es geht daraus hervor, dass während bei gleichzeitiger Anwendung von Luft und Wärme die Eiweisssubstanzen um mehr als das Doppelte zunahmen, bei Abwesenheit dieser Factoren sogar eine Verminderung (durch Ausscheidung) eintrat. —

53. (März 1879). Bei einem andern Versuche mit Bierhefe wurde bei gleichem Zuckergehalt der Lösung die Menge des Ammontartrats auf 1 Prozent, und die des Dikaliumphosphats ebenfalls auf 1 Prozent erhöht; die Menge des Magnesiumsulfats betrug 0,01 Prozent, des Chlorcalciums: 0,0025 Prozent. Ammonsulfat wurde weggelassen. Das Gewicht der Trockensubstanz der angewandten Hefe [11]) betrug = 0,769 g; die angewandte Nährlösung anfangs 200 cc; sie wurde 3 mal erneuert und das letzte Mal auf 400 cc erhöht. Da es sich hier nur darum handelte, den Einfluss eines constanten Luftstroms näher zu bemessen, so wurden die Flaschen keiner höheren Temperatur ausgesetzt; es ergab sich nun für die Ernte

bei constant durchgeleitetem Luftstrom: 2,093 g
ohne Luftstrom: 1,478 g;

im ersten Falle also das 2,72 fache, im letzten nur das 1,92 fache der Aussaat.

11) Sie wurde unmittelbar nach Entnahme aus dem Bier-Gärbottig verwendet, nachdem sie einmal mit Wasser gewaschen war.

54. (März 1879). Vergleichung von Pepton und Ammontartrat bei Ernährung der Sprosshefe. Da Pepton einerseits dem Eiweiss ausserordentlich nahe steht [12]), andererseits im Gegensatz zu letztrem in einem gewissen Grad der Diosmose fähig ist, so lag es nahe zu vermuthen, dass es in Verbindung mit dem Cellulose liefernden Zucker die beste Nährmischung für Pilze abgeben müsse. In der That haben schon unsre Versuche mit Schimmel dieses Resultat voraussehen lassen (vgl. Mittheilung vom 3. Mai).

Die beiden Nährlösungen enthielten a) 1 Proz. Ammontartrat, b) 1 Proz. Pepton; im Uebrigen war die Zusammensetzung wie die soeben beschriebene (auf 100 Wasser, 10 Zucker, 1 Dikaliumphosphat etc.)

Angewandt wurde eine 0,773 g Trockensubstanz entsprechende Hefemenge [13]) und 200 cc Nährlösung, welch' letztre nach erfolgter Vergärung erneuert und auf 400 cc erhöht wurde. Die Temperatur des Gärraumes betrug 30 bis 32° C; ein Luftstrom wurde nicht durchgeleitet. Das Erntegewicht betrug

bei a = 0,966 g; Zunahme = 0,193 g = 24,97 Proz.,
bei b = 1,611 g; „ = 0,838 g = 108,42 „

Die Zunahme ist also bei Peptonnahrung unter den gegebenen Umständen mehr als viermal so gross als bei Ammontartrat.

Es ist möglich, dass die Behandlung mit einem continuirlichen Luftstrom dieses Resultat im günstigen Sinne für Ammontartrat verändern würde. Ein Versuch in dieser Richtung musste wegen übermässiger Schaumbildung bei der Peptonnährlösung und des in Folge dessen eintretenden Verlustes unterbrochen werden. Ein weiterer Versuch,

12) Nach den neueren Untersuchungen von Maly ist es als depolymerisirtes Eiweiss zu betrachten.

13) Diese Bierhefe wurde nach zweitägigem Stehen an einem kühlen Orte verwendet.

wobei beide Nährlösungen im Brütkasten standen und nur die mit Ammontartrat mit einem Luftstrom behandelt wurde, ergab bei letztrer eine mehr als doppelt so hohe Ernte als bei der Peptonlösung. Doch lässt sich hieraus wegen der ungleichen Behandlungsweise kein Schluss ziehen.

55. Vergleich der Stickstofferpährung mit Ammoniak und Salpetersäure bei Sprosshefe (December 1877). Der Umstand, dass sowohl Schimmel- als Spaltpilze den Stickstoff aus der Salpetersäure zu assimiliren vermögen, die Sprosspilze aber hiezu unfähig sind, bildet eine zu auffallende Thatsache, als dass man sich nicht nochmals davon hätte überzeugen wollen. Die folgenden Versuche bestätigen diese Beobachtung vollständig.

Vier Flaschen wurden mit je 0,732 g Trockensubstanz entsprechender Menge Hefe [14]) und einer 9 prozentigen Zuckerlösung, deren Volum anfangs 200 cc betrug und mit der Hefezunahme auf 400, zuletzt auf 800 cc erhöht wurde, beschickt. Die Gärtemperatur betrug von 25—30°. Von den Nährsalzen wurde auf 100 Wasser: 0,035 Dikaliumphosphat, 0,006 Magnesiumsulfat und 0,0015 Calciumchlorid angewandt.

Die Flasche a erhielt nun 0,47 Prozent Ammontartrat und 0,005 Proz. Ammonsulfat.

Die Flasche b diente zum Controllversuch und mangelte hier jede Stickstoffquelle.

Bei c wurde als N-quelle eine dem Ammontartrat aequivalente Menge Natronsalpeter, und bei d Calciumnitrat zugefügt.

Bei a verlief die Gärung am schnellsten und da stets die Erneuerung der Nährlösung nach fast vollendeter Gärung stattfand, so kam es, dass schliesslich, bei Beendigung

---

14) Diese Hefe enthielt nach dem Trocknen bei 100° 9,29 Prozent N und 4,77 Prozent Asche.

des Versuches, nach 10 Tagen, a 2400 cc, b, c und d aber nur 1200 cc Nährlösung verbraucht hatten.

Das Erntegewicht betrug bei:

	Zunahme:
a = 2,836 g	2,104 g
b = 0,856	0,124
c = 0,880	0,148
d = 0,970	0,238

Die Stickstoff- und Aschebestimmungen gaben folgende Werthe:

	a	b	c	d	Ursprüngliche Hefe
Asche in Proz.	4,94	4,14	6,66	5,84	4,77
Stickstoff in Proz.	7.09	4,09	4,92	5,23	9,29
Absolute Menge Stickstoff in g	0,2011	0,0348	0,0377	0,0516	0,0680

Es geht also hieraus deutlich hervor, dass die geringe Gewichtsvermehrung bei b, c und d lediglich die Cellulose betraf, und eine Zunahme an Eiweisskörpern nur bei a, wo der Stickstoff in Form von Ammoniak dargeboten wurde, stattfand.

56. (Sommer 1879). Ein ähnlicher Versuch, bei welchem ausser der Temperatur des Brütkastens noch ein continuirlicher Luftstrom angewendet wurde, lieferte kein günstigeres Resultat.

Der Zuckergehalt der Nährlösung betrug 10 Prozent, die Menge des Dikaliumphosphats 1 Prozent, die angewandte Hefemenge = 1,280 g (Trockensubstanz), und die Nährlösung = 200 cc, welche 5 mal erneuert wurde. Es ergab sich bei a ohne jeden Zusatz eines N-haltigen Körpers als Ernte: 2,493 g; bei b mit Zusatz von 1 Prozent NO_3K:

2,368 g. Der Zusatz von Salpeter hatte also kein bessres Resultat herbeigeführt als Zucker allein und die erhaltene Vermehrung ist hier wohl fast ausschliesslich auf Kosten der Cellulosebildung zu setzen; da aber auch der reinste Zucker des Handels noch immer sehr geringe Mengen N-haltiger Materien enthält, so können diese wohl unter sonst günstigen Umständen bei der Hefe Verwendung finden und bei der Vermehrung mitgewirkt haben.

57. Assimilation der Salpetersäure durch Spaltpilze (Sommer 1879). Während Nitrate durch Sprosshefe nicht verändert werden, erfahren sie durch Spaltpilze bekanntlich verhältnissmässig rasch eine Reduction zu Nitriten und schiesslich zu Ammoniak. Durch folgenden Versuch konnte diese Reduction leicht dargethan werden:

Eine Nährlösung von der Zusammensetzung:

Wasser	200 g
Dikaliumtartrat . .	5
Natriumnitrat . .	2
$MgSO_4$	0,08
$CaCl_2$	0,02
K_2HPO_4 . . .	1,0

wurde in einen 5—600 cc fassenden Kolben gebracht, dieser mit doppelt durchbohrten Kautschukpfropfen versehen und von Zeit zu Zeit Luft durch den Kolben gesaugt, welche concentrirte Schwefelsäure passirt hatte. Eine Aussaat von Spaltpilzen wurde nicht gemacht, diese entwickelten sich bald aus den aus der Luft ursprünglich in die Lösung gelangten Keimen und vermehrten sich anfangs ziemlich rasch. Die Reaction wurde bald entschieden alkalisch und schon nach 2 Wochen wurde eine nicht unbeträchtliche Reaction auf salpetrige Säure mit Jodkaliumstärkekleister nach dem Ansäuern erhalten. Nach 8 Wochen wurde die gebildete Pilzmasse abfiltrirt, sie wog 0,113 g.

Allein trotz dieser verhältnissmässig geringen Masse, war doch der grösste Theil des Tartrats zu Carbonat von den Pilzen oxydirt worden, während andrerseits die Salpetersäure theils zu salpetriger Säure, theils zu Ammoniak reducirt worden war, welch' letztres sich als Carbonat in der Flüssigkeit vorfand.

58. Assimilation der Salpetersäure durch Schimmelpilze (Sommer 1879). Salpetersäure wird zwar von den Schimmelpilzen assimilirt und sicherlich also zu Ammoniak hiebei reducirt, doch salpetrige Säure lässt sich als Zwischenprodukt nicht nachweisen. Dieses mag darin begründet sein, dass wir bei Schimmelculturen stets für saure Reaction sorgten, um die Spaltpilzentwicklung zu verhindern; es ist aber auch möglich, dass jedes Molecul des aufgenommenen Nitrats direct in Ammoniak verwandelt wird, ehe das intermediär wahrscheinlich gebildete Nitrit ausgeschieden werden kann.

Gleichzeitig mit dem Versuch mit Natrium-Nitrat wurden Nährlösungen mit Ammonnitrat und Harnstoff angestellt. Die Nährlösung besass folgende Zusammensetzung:

Wasser	400 g
Glycerin	30
K_2HPO_4	0,80
$MgSO_4$	0,06
$CaCl_2$	0,02

Zwei Flaschen, a und b erhielten je 0,8 Prozent Ammonnitrat, a blieb ohne Säurezusatz, b erhielt noch 0,25 Prozent Essigsäure, c erhielt die aequivalente Menge Natriumnitrat, d die aequivalente Menge Harnstoff; c und d wurden wie b mit 0,25 Prozent Essigsäure angesäuert. Bei a entwickelten sich in Folge der mangelnden Ansäuerung bald Spaltpilze, welche das Glycerin in Gärung versetzten, wo-

durch rasch eine saure Reaction auftrat. Letztre hatte nun die Entwicklung einer Schimmelvegetation zur Folge, welche die gebildete Säure oxydirte, in Folge dessen die Reaction schliesslich wieder schwach alkalisch wurde. Salpetersäure war zum Theil jetzt noch als solche vorhanden, salpetrige Säure aber liess sich nicht nachweisen. Die Ernte betrug 0,735 g. Bei b, c und d waren in Folge anfänglicher Ansäuerung keine Spaltpilze aufgetreten, die anfangs zugesetzte Essigsäure war fast völlig oxydirt worden, die Reaction der Lösungen nur noch sehr schwach sauer. Der Schimmel entwickelte sich zuerst am lebhaftesten auf c, später bei d. Der oberflächlichen Ausbreitung nach schien bei a die Schimmeldecke am bedeutendsten. Bei b war die Sporenbildung am stärksten. Die Ernten betrugen bei:

b = 1,655 g
c = 1,770
d = 3,519

59. Verhalten von Methylamin und Aethylamin mit und ohne Zucker (Mai 1879). Da bei einem früheren Versuche, bei welchem eine Nährlösung von salzsaurem Methylamin 2 Jahre sich überlassen worden war (Versuch 35) Spaltpilze ernährt hatte, so wurde der Versuch mit Methylamin und Aethylamin bei Schimmelpilzen wiederholt: Hiezu dienten folgende Nährlösungen:

a		b
Wasser	200	Erhielt statt Methylamin Aethylamin.
Salzsaures Methylamin	2,5	
Dikaliumphosphat .	0,25	
$Mg SO_4$	0,08	
$Ca Cl_2$	0,02	
Phosphorsäure . .	1,25	

Die ausgesäten Sporen trieben kurze Fäden und starben dann ab. Als man sich nach mehreren Wochen für über-

zeugt halten konnte, dass auf dieser Nährlösung keine Pilz-Entwicklung möglich sei, wurden zu a noch 12 g Zucker gesetzt, worauf eine äusserst energische Schimmelentwicklung erfolgte; die Ernte betrug nach 41 Tagen 3,230 g (bei 100° getrocknet).

Was b betrifft, so wurde diese Lösung in 2 Hälften getheilt und die eine mit Kali neutralisirt und mit Spaltpilzen inficirt; aber nach mehreren Wochen zeigte sich hier keine Entwicklung.[15] Die andre Hälfte wurde nach dem Neutralisiren mit 5 g Zucker versetzt, worauf eine lebhafte Spaltpilzvegetation eintrat.

Der Stickstoff substituirter Ammoniake kann also von Schimmel- und Spaltpilzen leicht assimilirt werden; ja ein Vergleich ergab, dass salzsaures Methylamin mit Zucker ein besseres Resultat lieferte als Salmiak mit Zucker. Sprosshefe scheint sich auch hier wieder abweichend zu verhalten; denn in einem Versuch verhielten sich die Zunahmen bei salzsaurem Aethylamin und Salmiak nahezu wie 1:2; bei ersterem traten auffallend rasch Spaltpilze auf.

60. Verhalten des Propylamins (Juni 1879). Nach den Versuchen mit Methyl- und Aethylamin erschien es von Interesse, noch das nächst höhere Glied betreffs der C- und N-Assimilirbarkeit durch Pilze zu versuchen. Es wurden desshalb aus den salzsauren Verbindungen dieser 3 Basen Nährlösungen hergestellt und diese diesmal im Brütkasten[16] bei 30—32° längere Zeit stehen lassen. Die Zusammensetzung war:

---

15) Ein Kontrollversuch, bei welchem Methylamin und Aethylamin weggelassen wurden, gab in der nämlichen Zeit eine Schimmelernte von 0,0018 g, also nur den 1800 ten Theil.

16) Bei gewöhnlicher Temperatur zeigte auch nach mehreren Wochen die Propylamin-Nährlösung keine Pilz-Entwicklung.

Wasser	200 g
Salzsaure Base . .	2,0
Dikaliumphosphat .	0,5
$MgSO_4$	0,04
$CaCl_2$	0,01

Methyl- und Aethylamin-Nährlösung blieben diesmal wieder ohne Pilz-Entwicklung, bei Propylamin aber bildete sich langsam eine Vegetation von röthlich gefärbten Spaltpilzen. Es können letztre also aus Propylamin nicht nur ihren Bedarf an N, sondern auch den an C decken; wenn unter sonst gleichen Umständen bei Methyl- und Aethylamin dieses nicht der Fall ist.

61. Ernährung durch Trimethylamin und Zucker (Sommer 1879). Da Trimethylamin und Triaethylamin bei Abwesenheit irgend einer andern Kohlenstoffquelle für Spaltpilze ebensowenig günstig sich erwiesen [17]), als Methyl- und Aethylamin, so wurde ein Gemenge von Trimethylaminsalz und Zucker versucht, um zu sehen, ob wenigstens der Stickstoff dieser tertiären Base zur Assimilation dienen könne. Die Nährlösung besass folgende Zusammensetzung:

Wasser	100 g
Essigsaures Trimethylamin	0,5
Zucker	5,0
Dikaliumphosphat . . .	0,2
Magnesiumsulfat . . .	0,02
Calciumchlorid . . .	0,002

Diese Lösung (a) wurde mit Spaltpilzen inficirt, während eine zweite (b), ganz gleich zusammengesetzte noch 1 Proz. Phosphorsäure erhielt und mit Schimmelsporen besät wurde. Gleichzeitig wurden hiezu 2 Kontrollflaschen ohne Trimethylaminsalz aufgestellt.

17) Diese Nährlösungen enthielten 1 Prozent der salzsauren Basen und die unorganischen Nährsalze, mit Spaltpilzen inficirt entwickelten sie selbst nach längerer Zeit keinerlei Vegetation.

Bei dem Kölbchen a trat bald eine rapide Spaltpilz-Vegetation ein, und in Folge dessen Milchsäurebildung. Letztre hatte, weil nicht neutralisirt, bald einen Stillstand zur Folge, welchen sich nun Schimmelpilze zu Nutze machten. Nach 3 Monaten wurde dieser Schimmelrasen abfiltrirt, er wog bei 100° getrocknet: 1,080 g. In dem Kontrollkölbchen trat anfangs ebenfalls eine wenn auch geringe Spaltpilz- und später Schimmelbildung auf (in Folge des geringen Gehalts des Zuckers an N-haltigen Materien), allein die Totalernte betrug hier nur 0,042 g.

Das Kölbchen b entwickelte von Anfang an Schimmel, ohne Spaltpilze, die Ernte betrug nach 2 Monaten 1,167 g, beim Kontrollversuch nur 0,120 g.

Der Stickstoff kann daher auch assimilirt werden, wenn 3 Atome H im Ammoniak durch Methyl ersetzt sind.

62. Verhalten von Ferrocyankalium bezüglich der Stickstoffassimilation (Juni 1878). Da Spalt- und Schimmelpilze ihren Stickstoffbedarf aus Nitraten sowohl als aus Ammoniak und Substitutionsprodukten des letztren decken können, so fragte es sich weiter, wie sie sich in dieser Beziehung gegen Cyan- und Nitroverbindungen verhielten. Bei dem das Cyan betreffenden Versuch diente folgende Nährlösung:

Wasser	500
Zucker	15
Ferrocyankalium .	3
Dikaliumphosphat .	0,50
Magnesiumsulfat .	0,16
Calciumchlorid . .	0,04

Ausgesäte Schimmelsporen kamen hier nicht zur Entwicklung[18]), dagegen stellte sich bald eine Spaltpilzvegetation

18) Bei Phanerogamen erwies sich Ferrocyankalium als Gift; die Keimlinge (Buchweizen) starben nach Entwicklung der Cotylen bald ab.

und in Folge dessen Milchsäurebildung ein. Allmälig trat ein schwacher Blausäuregeruch auf, das Nesslersche Reagens deutete die Bildung von Ammoniak an, und am Boden zeigte sich ein schwachblau gefärbter Niederschlag. Offenbar hatte die gebildete Milchsäure Ferrocyanwasserstoffsäure in Freiheit gesetzt, welch' letztre leicht zersetzlich ist. Bei rascherer Zersetzung der hiebei auftretenden Blausäure würde eine hinreichende Menge Ameisensäure entstanden sein, die weitere Pilzvegetation ganz aufzuheben.

62,b. Ebensowenig wie Schimmelpilze sich entwickeln konnten, konnte es Sprosshefe. Die Nährlösung war wie folgt zusammengesetzt:

Wasser	100
Zucker	10
Ferrocyankalium .	1
Dikaliumphosphat .	1,0
Magnesiumsulfat .	0,026
Calciumchlorid . .	0,006

Die gärende Mischung wurde bei 30° mit einem Luftstrom behandelt, allein die Zunahme der Hefe war nur unbedeutend; gleichzeitig hatten sich Spaltpilze gebildet und etwas Berlinerblau abgeschieden. —

63. Verhalten von Nitroverbindungen (Juni 1879). Picrinsäure und Nitrobenzoesäure dienten zu diesen Versuchen. Die stark antiseptischen Eigenschaften der ersteren liessen von vorneherein kein sehr günstiges Resultat erwarten. In der That blieb eine $^1/_2$ prozentige Lösung dieser Säure völlig unverändert. Doch da es möglich schien, dass bei günstiger Kohlenstoffquelle wenigstens der Stickstoff der Nitroverbindung Verwendung finden könnte, so wurde eine Nährlösung mit 2,5 Proz. Zucker und 0,2 Proz. Picrinsäure mit Schimmelsporen besät, aber es erfolgte nach 2 Wochen keine Spur von Entwicklung. Erst als diese Nährlösung mit dem gleichen Volum Wasser verdünnt und die Menge

des Zuckers verdoppelt wurde, stellte sich eine äusserst kümmerliche Vegetation ein, die Ernte betrug nach vier Wochen nur 0,041 g.

Wegen der wenn auch sehr geringen Verunreinigungen des Zuckers war ein Kontrollversuch zu gleicher Zeit angestellt worden, bei dem die Picrinsäure fehlte; die Ernte betrug hier 0,052 g, also mehr als mit der Säure. Indessen trotzdem ist eine Mitwirkung der Picrinsäure wie erscheint nicht abzusprechen; denn im Kontrollversuch fehlten die Sporen fast ganz, während im Hauptversuch sie eine nicht unerhebliche Menge darstellten.

63,b. Bei einem Versuch mit Nitrobenzoesäure wurde eine Lösung von 3 Prozent essigsaurem Natron und 0,2 Prozent nitrobenzoesaurem Natron und den nöthigen Nährsalzen sich selbst überlassen, allein es zeigten sich keine Spaltpilze, nur langsam entwickelte sich etwas Schimmel, dessen Menge nach 6 Wochen kaum 1 cg überschritt. Im Kontrollversuch war allerdings noch viel weniger sichtbar.

Es geht also jedenfalls so viel daraus hervor, dass aromatische Nitrosäuren sehr schlechte Stickstoffquellen für die Pilze darstellen. —

64. Verhalten verschiedener anderweitiger Substanzen bei der Ernährung der Pilze.

64,a. Organische Basen, wie Chinin und Strychnin stellen sehr schlechte Nährstoffe für die Pilze dar. So bildeten Nährlösungen von 0,5 Proz. der Sulfate dieser Basen, die mit 0,1 Prozent Phosphorsäure angesäuert worden waren, nach vielen Wochen keine Spur von Schimmel. Erst nachdem nochmals das der Nährlösung gleiche Volum Wasser zugefügt wurde, bildete sich eine Minimalmenge in der Strychninlösung, aber noch immer keine Spur in der Chininlösung. —

64,b. Dass Halogensubstitutionsprodukte der Fettreihe eine schlechte Nahrung für Pilze darstellen würden, liess sich im Voraus vermuthen. Wir haben in dieser Richtung nur einen Versuch mit Chloral gemacht. Eine Nährlösung mit 0,5 Prozent dieses Körpers und 0,25 Ammonsulfat blieb selbst nach langer Zeit ganz unverändert. —

64,c. Von den Alkoholen der Fettreihe wurde der Isobutylalkohol versucht, und eine Nährlösung von:

Wasser	300 g
Isobutylalkohol . .	0,5
Ammonphosphat .	0,25
Magnesiumsulfat .	0,08
Calciumchlorid . .	0,02
Dikaliumphosphat .	0,30

mit Schimmel besät. Die nach 8 Monaten abfiltrirte Ernte betrug 0,048 g.

64,d. Von den Hydroxyverbindungen der aromatischen Reihe diente Pyrogallol, Gerbsäure und Chinasäure zu Versuchen.

Eine 1 prozentige Pyrogallol-Lösung (200 cc) gab bei Gegenwart von 0,2 Prozent Ammonsulfat und den nöthigen Nährsalzen eine sich sehr langsam entwickelnde Schimmelvegetation, die verhältnissmässig reich an Sporen war; die nach 6 Wochen abfiltrirte Ernte betrug nach dem Trocknen bei 100° 0,235 g [19]).

Wie Pyrogallussäure verhält sich Gerbsäure, auch sie ernährt den Schimmelpilz in einer Nährlösung mit 0,4 Proz. Gerbsäure und 1 Prozent Ammonphosphat.

64,d. Einen sehr guten Nährstoff giebt die der antiseptischen Benzoesäure so nahestehende Chinasäure ab, denn

19) Die Beobachtung von V. Bovet (Journ. f. pr. Chem. 19. 445), dass Pyrogallol als Antisepticum gute Dienste leiste, dürfte sich nur auf concentrirtere Lösung wie die hier angewandte beziehen.

auf einer Nährlösung mit 1 Prozent chinasaurem Kalk, 0,25 Ammonsulfat, und den nöthigen Mineralsalzen und mit 0,1 Phosphorsäure angesäuert entwickelte sich rasch eine üppige Schimmelvegetation wie nur auf einem der besseren Nährsubstanzen.

Die Ernährung der niederen Pilze durch Mineralstoffe.[20])

Die Pilze bedürfen, wie die übrigen Pflanzen, ausser den Verbindungen, die ihnen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff zuführen, noch gewisse mineralische Stoffe, deren Anwesenheit bei dem Chemismus nothwendig ist, oder deren Elemente in die Constitution der Substanz eintreten. Aber die Pilze machen bezüglich der Auswahl verhältnissmässig geringe Ansprüche. Sie können mit 4 Elementen auskommen, nämlich 1) Schwefel, 2) Phosphor, 3) einem der Elemente Kalium, Rubidium oder Caesium, 4) einem der Elemente Calcium, Magnesium, Baryum oder Strontium, während die höheren grünen Landpflanzen zugleich Calcium und Magnesium und überdem noch Chlor, Eisen und Silicium bedürfen.

Da nur geringe Mengen von Mineralstoffen nöthig sind, um die Pilze zu ernähren, so muss bei den Versuchen, die dieses Bedürfniss feststellen sollen, grosse Vorsicht bezüglich der Reinheit der angewendeten Verbindungen und Gefässe obwalten, und es muss stets das Ergebniss durch Kontrollversuche geprüft werden. Man könnte, wenn jene Vorsicht nicht geübt und wenn nicht scharfe Kontrolle gehalten wird, sonst leicht zu dem irrthümlichen Glauben kommen, dass entweder die Mineralstoffe nicht nöthig sind,

---

20) Ein Theil der erläuternden Versuche wurde von Hrn. Dr. Oscar Löw angeordnet und ausgeführt; dieselben sind von ihm am Schlusse beschrieben.

oder dass sie durch die Pilze in einander umgewandelt werden. Besonders sind die Spaltpilze geeignet, den Experimentator zu täuschen, da sie oft in sehr geringen Mengen starke Trübung der Nährlösung und starke Gärung bewirken, — in Mengen, welche nur Spuren von Mineralstoffen enthalten können. — Pilzkulturen sind daher in manchen Fällen als sehr feine Reagentien auf Verunreinigungen von chemischen Verbindungen zu gebrauchen.

Was zuerst den Schwefel betrifft, so ist derselbe als Bestandtheil der Albuminate unentbehrlich und kann auch durch kein anderes Element ersetzt werden. Es sind zwar in neuester Zeit die Albuminate der Spaltpilze als schwefelfrei erklärt worden. Allein diese Annahme erscheint wegen der Analogie mit den übrigen Organismen als wenig annehmbar und ihr widersprechen auch unsere Beobachtungen.

Die Pilze entnehmen den Schwefel den Albuminaten, wenn ihnen dieselben als Nahrung zugänglich sind. Sie können ihn aber unter allen Umständen auch aus der Schwefelsäure sich aneignen, und ebensogut aus der schwefligen und unterschwefligen Säure. Es giebt sogar Versuche, aus denen man zu dem Schlusse geneigt sein möchte, dass die letzteren Verbindungen besser ernähren als Schwefelsäure. Ein sicheres Urtheil darüber wäre erst aus grösseren Versuchsreihen zu gewinnen.

Bezüglich des Schwefels gilt nämlich in besonderem Grade, was ich vorhin von der Schwierigkeit, entscheidende Kulturversuche anzustellen, gesagt habe. Er findet sich sehr leicht in hinreichender Menge als Verunreinigung, besonders des Zuckers. Aber auch Nährlösungen, denen der Zucker mangelt, zeigen ohne Schwefelzusatz oft ziemlich reichliche Pilzvegetation. So befinden sich eben unter den Versuchen zwei Gläser mit starker Trübung und mässiger Gärung, von denen das eine auf 100 ccm Wasser 0,5 g Asparagin, 3 g Glycerin, 0,2 g Dikaliumphosphat, 0,02 g

Calciumchlorid und 0,05 g Magnesiumchlorid, das andere auf 100 ccm Wasser 0,5 g Asparagin, 1 g Glycerin, 0,1 g Kaliumnitrat, 0,1 g Diammonphosphat und 0,1 g Magnesiumchlorid enthält (also beide Nährlösungen ohne eine Schwefelverbindung [21]).

Auf den Betrag der Verunreinigungen kann man einigermassen schliessen, wenn man solche „schwefelfreie' Nährlösungen mit andern vergleicht, denen eine Schwefelverbindung zugesetzt wird. So wurden früher (1876) neben Gärversuchen mit 10 g Colonialrohrzucker, 0,5 g neutralem weinsaurem Ammoniak und 0,04 g (schwefelfreier) Hefenasche Kontrollversuche angesetzt, von denen die einen 0,033 g schwefelsaures Kali, die andern 0,033 g schwefelsauren Kalk erhielten. Bei Luftabschluss wurde von den Nährlösungen ohne Schwefelverbindung die erste ihrem Volumen gleiche Menge von Kohlensäure durchschnittlich nach 161 Tagen, von denen mit schwefelsaurem Kali durchschnittlich nach 45 Tagen, von denen mit schwefelsaurem Kalk durchschnittlich nach 54 Tagen entwickelt.

Was das Kalium als Nährstoff der Pilze betrifft, so ergeben die Kulturversuche, dass dasselbe nicht durch die folgenden Elemente: Natrium, Lithium, Baryum, Strontium, Calcium, Magnesium ersetzt werden kann, auch nicht durch Ammonium, — wohl aber durch Rubidium und Caesium. Salze der beiden letzten Elemente ernähren die Pilze ebenso gut, wo nicht besser, als Kalisalze, während sie für die höheren Pflanzen unbrauchbar sind.

Auch bei diesen Versuchen ist wegen der geringen Mengen von Kalium, welche die Pilze bedürfen, auf die

---

21) Nach der Untersuchung von Dr. O. Löw lassen sich in dem verwendeten destillirten Glycerin nach Verbrennung von 30 g mit Zusatz von Soda (cp) leise Spuren von Schwefel auffinden, während 5 g Asparagin keine Spur von Schwefelreaction gaben.

Reinheit der übrigen Nährstoffe und der Gefässe zu achten, auch darauf, dass während des Versuches weder aus der Gefässwandung Kalium in die Lösung gehe, noch dass Staub aus der Luft hereinfliege. Da es kaum möglich ist, das Kalium ganz auszuschliessen und da man oft nicht weiss, wie viel etwa von demselben sich in die Nährlösung einschmuggelt, so ist es immer nothwendig, einen Kontrollversuch ohne jedes Alkali der Versuchsreihe beizufügen. Es zeigt sich dann, dass diejenigen Versuche, welche Natrium-, Lithiumsalze u. s. w. enthalten, keine grössere Pilzernte geben, als diejenigen, denen kein Alkalisalz zugesetzt wird.

Ferner ist zu bemerken, dass zu diesen Versuchen die Schimmelpilze und die Sprosspilze viel geeigneter sind als die Spaltpilze, weil ihre Ernten viel mehr ins Gewicht fallen. Die Trockensubstanz einer Spaltpilzkultur ist an und für sich sehr gering, und überdem wird ein grosser Theil der Assimilationsprodukte bald wieder ausgeschieden und zugleich mit einem Theil der Nährverbindungen durch die grosse Oxydationstüchtigkeit der lebenden Zellen verbrannt. Es geschieht daher leicht, besonders wenn der richtige Zeitpunkt überwartet wird, dass im Endresultat der verschiedenen Versuche kein bemerkbarer Unterschied gefunden wird (Versuch 67). Bei den Spaltpilzen eignet sich desswegen zur Bildung eines Urtheils die Beobachtung anderer Erscheinungen besser als der Gebrauch der Waage. Man sieht nämlich deutlich, dass Nährlösungen, welche Kalium-, Rubidium- oder Caesiumsalze enthalten, sich rascher und viel stärker trüben, und dass sie rascher und intensiver grünlich gefärbt werden (vgl. die oben gemachte Bemerkung über diese Färbung) als Nährlösungen, denen die genannten Salze mangeln.

Was die Elemente Magnesium und Calcium betrifft, welche man gewöhnlich als unentbehrlich für die Nährlösungen betrachtet, so können dieselben einander ersetzen.

Ebenso können sie durch Baryum oder Strontium ersetzt werden, nicht aber durch Kalium, noch durch ein anderes der eigentlichen Alkalien. Die einzige Versuchsreihe, die über die Vertretung der 4 genannten Elemente durch einander angestellt wurde (Versuch 71), giebt aber nur im Allgemeinen Gewissheit darüber. Es bleibt ungewiss, ob dieselben gleichwerthig seien oder ob die Pilze durch die einen, sei es durch einzelne oder durch Combinationen von zweien, besser ernährt werden als durch die anderen. Man darf nämlich auf das Erntegewicht bei Schimmelkulturen keinen grossen Werth legen, wenn irgend ein die Vegetation störender Umstand eintritt. Dies war bei der fraglichen Versuchsreihe der Fall, da die für die Schimmelpilze ungünstige Essigsäure zum Ansäuern der Nährlösung benutzt werden musste. Es ergab sich als sicheres Resultat bloss, dass jedes der 4 genannten Elemente das Wachsthum der Pilze ermöglicht, und dass ohne eines derselben das Wachsthum unmöglich wird, wie dies schon während des Versuchs aus der äusserst kümmerlichen Vegetation in dem einen Glase (d) ganz deutlich hervorging. Um über die Vergleichung bezüglich der Wirksamkeit zwischen Kalk, Magnesia, Baryt und Strontian sicheren Aufschluss zu erhalten, müssten entweder die Versuche mit freier Essigsäure so wiederholt werden, dass von jeder Nummer ein halbes Dutzend Gläser angesetzt und so die Unregelmässigkeiten im Wachsthum möglichst eliminirt würden, oder es müsste ein anderes von alkalischen Erden vollkommen freies Spaltpilz-widriges Mittel angewendet werden.

Die Beobachtung, dass unter den basischen Elementen eine gegenseitige Vertretung bald möglich, bald unmöglich ist, führt zu der Frage, ob die Rolle, welche sie beim Chemismus übernehmen, dafür irgend eine Erklärung geben könne. Es sind in physiologischer Beziehung zwei Gruppen von solchen Elementen zu unterscheiden, die nämlichen,

welche die Chemie schon längst unterschieden hat, die Alkalien und die alkalischen Erden. Eine Vertretung findet nur innerhalb jeder Gruppe statt; aus jeder Gruppe muss wenigstens Ein brauchbares Element in der Nährlösung enthalten sein. Dies beweist uns, dass die Stoffe der beiden Gruppen ungleiche Functionen in der lebenden Zelle vollbringen.

Die Salze der alkalischen Erden werden wohl nur als Einlagerungen in die organisirten Substanzen, Plasma und Zellmembran, verwendet, die ich mir als ein Festhaften der Salzmoleküle an der Oberfläche der Albuminat- und Cellulosemicelle denke. Möglicher Weise können beide Funktionen durch jeden der 4 Stoffe Magnesia, Kalk, Baryt und Strontian erfüllt werden. Die in die Albuminate eingelagerten Salze sind Phosphate, und nach Analogie möchte man erwarten, dass in den Sporen vorzüglich Magnesiumphosphat enthalten sei. Aus der bereits angeführten und später beschriebenen Versuchsreihe (Nr. 71) darf man aber wohl schliessen, dass die Sporen ebensowohl das Kalksalz als das Magnesiasalz aufnehmen können, — da die bloss Kalk enthaltende Nährlösung (c) eine ebenso grosse Ernte und ebenso reichliche Sporenmasse ergab wie diejenige mit Kalk und Magnesia (a).

Ob und in wiefern die Membran von der Regel, Kalksalze einzulagern, bei den Pilzen eine Ausnahme zu Gunsten der übrigen alkalischen Erden machen könne, darüber ergiebt sich aus der nämlichen Versuchsreihe keine Gewissheit. Man könnte sogar, wenn man die Ernteergebnisse als massgebend betrachten dürfte, jene Frage verneinen. Da nämlich alle Nährflüssigkeiten, in denen der Kalk mangelte, nicht die Hälfte des Trockengewichts von den beiden kalkhaltigen (a und c) erzeugten, so liesse sich leicht der Grund davon in der mangelhaften Ernährung der

Membran beim Fehlen des Kalkes vermuthen, da die mangelhafte Ernährung des Plasmas nicht Schuld daran sein kann.

Während die Salze der alkalischen Erden als Einlagerungen, also eigentlich im festen Zustande, in den Zellen enthalten sind, kommen die Salze der Alkalien wohl nur als Lösung in der freien und in der die organisirten Substanzen durchdringenden Zellflüssigkeit vor. Ihre Funktion dürfte eine doppelte sein. Einmal wirken sie durch ihre blosse Anwesenheit (durch katalytische Kraft oder Contactwirkung), indem ihre molecularen und intramolecularen Bewegungen und die von ihnen ausgehenden Kräfte auf die verschiedenen Lebensprocesse einen begünstigenden oder hemmenden Einfluss ausüben. Ferner mag ein Theil des Alkalis als Stoffträger bei den Umsetzungen dienen, indem sich Säureradikale vorübergehend damit verbinden.

Ueber diese Fragen giebt uns die chemische Untersuchung nur wenig Aufschluss. Wenn wir die Aschenanalysen der Bierhefe auch für die übrigen niederen Pilze als gültig betrachten dürfen, so enthalten dieselben nur phosphorsaure und pflanzensaure Salze, denn die Asche weist bloss Phosphorsäure, Kali, Magnesia und Kalk in wägbarer Menge auf [22]). Und zwar müssen es saure Phospate sein, wie sich aus den relativen Mengen ergiebt, womit auch die Thatsache übereinstimmt, dass die Bierhefe immer eine saure Reaction zeigt.

Ein Theil der Phosphate muss jedenfalls als Salze mit der geringsten Menge von Basis (RH_2PO_4), ein anderer Theil als Salze mit 2 Aeq. Basis (R_2HPO_4) vorhanden

22) Die zwei wohl als die zuverlässigsten zu betrachtenden Analysen von Mitscherlich ergaben

	Phosphorsäure	Kali	Magnesia	Kalk	
Oberhefe . .	53,9	39,8	6,0	1,0	= 100,7
Unterhefe . .	59,4	28,3	8,1	4,3	= 100,1

sein. Es kann ferner nicht alle Phosphorsäure an Alkalien, ein Theil derselben muss an die alkalischen Erden gebunden sein; denn wenn auch alles Kali als Monokaliumphosphat in Anspruch genommen wird, so bleibt für einzelne Analysen doch noch eine ziemliche Menge von verfügbarer Phosphorsäure.

Mit Berücksichtigung der Aschenanalysen ergiebt sich als die wahrscheinlichste Annahme, dass das Kali als Monokaliumphosphat (KH_2PO_4) und Dikaliumphosphat (K_2HPO_4) in der Zellflüssigkeit gelöst, ferner dass ein Theil der alkalischen Erden als Phosphate im Plasma und ein anderer Theil in Verbindung mit organischen Säuren (z. B. Oxalsäure) in der Zellmembran eingelagert sei.[23])

Wir können uns nun noch die Frage stellen, warum die chemisch einander nahe verwandten Elemente der Alkalien und alkalischen Erden sich physiologisch so ungleich verhalten, warum nur die alkalischen Erden zur Einlagerung dienen, warum nur die einen Alkalien in der Lösung wirksam sind. Der erstere Punkt erledigt sich vielleicht durch die Thatsache, dass die Salze der Alkalien durchweg leicht löslich sind, während diejenigen der alkalischen Erden, die hier in Betracht kommen, schwerer löslich oder unlöslich und daher der Anziehung der organisirten Substanzen eher zugänglich sind.

Was den andern Punkt betrifft, warum Kalium, Rubidium und Caesium, nicht aber Natrium und Lithium als Nährstoffe benutzt werden können, so liesse sich einmal an die wenn auch unwahrscheinliche Möglichkeit denken, dass die Salze der ersteren Elemente leichter durch Membranen und andere organisirte Stoffe hindurchgehen. Diosmotische

23) Diese Einlagerung von Oxalaten ist natürlich nicht zu verwechseln mit dem krystallinischen Vorkommen des oxalsauren Kalkes in und zwischen den Membranen, wie es bei andern Pflanzen bekannt ist.

Versuche mit phosphorsaurem Kali ($K_2 H P O_4$) und phosphorsaurem Natron ($Na_2 H P O_4$) ergaben aber, dass unter übrigens gleichen Umständen beide Salze in ganz gleichen Mengen durch eine Membran sowohl gegen Wasser als gegen einander hindurch gehen (Versuch 73).

Der Grund, warum Kalium, Rubidium und Caesium für die bestimmte Ernährungsfunktion bevorzugt sind, muss also in andern Eigenschaften gesucht werden. Ich finde nun zwischen den genannten und den übrigen Alkalien keinen andern Unterschied, der eine physiologische Erklärung für ihr ungleiches Verhalten zu geben vermag, als ihre verschiedene Verwandtschaft zu Wasser. Es scheint mir dieselbe aber vollkommen ausreichend zu sein und um so annehmbarer, als sie nicht bloss jene nährenden Alkalien, gegenüber den nicht nährenden Alkalien, sondern auch gegenüber den alkalischen Erden, als bevorzugt darthut und somit erklärt, warum auch die letzteren, soweit ihre Salze löslich sind, jene nicht ersetzen können.

Die Salze von Kalium, Rubidium und Caesium haben eine viel geringere Verwandtschaft zu Wasser, als die Salze von Natrium, Lithium, Calcium, Magnesium, Baryum und Strontium. Wir erkennen dies schon daraus, dass jene ohne und diese mit Krystallwasser fest werden, und ferner besonders aus der hiemit übereinstimmenden Thatsache, dass jene für 1 Molekül wasserfreies Salz bei der Lösung viel mehr Wärme absorbiren als diese. So beträgt beispielsweise die Lösungswärme für 1 Mol. neutrales schwefelsaures Kali ($K_2 S O_4$) — 6040 Cal. und für 1 Mol. schwefelsaures Natron ($Na_2 S O_4$) + 760 Cal. Das Natronsalz, ebenso wie es mit Wasser crystallisirt, bindet auch in der Lösung eine gewisse Menge Wasser viel fester als das Kalisalz; in Folge der dadurch bewirkten Verdichtung wird Wärme frei und das sich lösende Natronsalz verursacht

daher eine beträchtlich geringere Temperaturerniedrigung als das Kalisalz, beziehungsweise selbst eine Temperaturerhöhung wie in dem eben angeführten Fall.

Der Umstand, dass die Salze von Natrium, Lithium und die der alkalischen Erden im gelösten Zustande eine Hülle von festgebundenen Wassermolekülen haben (Hydropleonbildung), macht es nun begreiflich, dass dieselben die nährenden Alkalisalze nicht ersetzen können. Sie sind namentlich für die Contaktwirkung ungeeignet, indem die Wasserhülle des Salzmoleküls sowohl die unmittelbare Annäherung an ein anderes Molekül als auch die Uebertragung der Schwingungen und die Wirksamkeit der anziehenden und abstossenden Kräfte auf dasselbe verhindern oder wenigstens sehr erschweren muss. Auch als vorübergehender Träger von Säureradikalen eignet sich das umhüllte Salzmolekül offenbar weniger gut als das freie Salzmolekül, welches in unmittelbare Berührung treten und seine Verwandtschaft kräftiger geltend machen kann. Desswegen werden Kalisalze von der Ackerkrume und von organisirten Substanzen viel energischer festgehalten als die Natronsalze; die letzteren sind durch ihre Wasserhüllen verhindert, anderweitigen Anziehungen in sehr wirksamer Weise zu folgen.

Zum Schluss scheint es nicht überflüssig, eine kurze Betrachtung über die absoluten und relativen Mengen der einer Nährlösung zuzusetzenden mineralischen Nährstoffe anzustellen, da in dieser Beziehung nicht immer rationell verfahren wird. Zur Beurtheilung stehen nur die Aschenanalysen der Bierhefe zu Gebote. Wir dürfen in derselben als mittleren Werth 7 Proz. Asche annehmen und 0,7 Proz. Schwefel, der nicht in der Asche erscheint. Die Nährsalze müssten, um diesem Verhältniss zu entsprechen, so bemessen werden, dass eine Lösung von Kohlenstoff- und Stickstoff-

haltigen Verbindungen, die muthmasslicher Weise 1 g Pilzsubstanz (trocken gewogen) giebt, 0,0077 g der nothwendigen Mineralstoffe enthält. Da indess die Pilzzellen aus einer sehr verdünnten Lösung die Verbindungen weniger leicht aufnehmen können, so sind besonders in Nährflüssigkeiten, die geringe Mengen von organischen Stoffen enthalten und daher nur eine geringe Ernte versprechen, die aschegebenden Theile in höheren Verhältnissen zuzusetzen.

Die Pasteur'sche Nährflüssigkeit besteht aus 100 ccm Wasser, 10 g Rohrzucker, 0,1 g weinsaurem Ammoniak und Asche von 1 g Hefe (also c. 0,07 g). Da aus 0,1 g weinsaurem Ammoniak, wenn der ganze Stickstoffgehalt zur Ernährung verwendet wird, sich nicht mehr als 0,095 g Albumin oder 0,13 bis 0,17 g Sprosshefe sowie überhaupt junger Pilzmasse bilden können, welche 0,009 bis 0,012 g Asche geben, so enthält jene Nährflüssigkeit das 6 bis 7,7-fache der Aschenmenge, welche im günstigsten Falle von den Pilzen aufgenommen werden kann. Das wirkliche Erntegewicht bei dem Versuche Pasteur's betrug 0,043 g; in demselben konnte also nur der 23. Theil der zugesetzten Asche Verwendung gefunden haben. — Da ferner die Hefenasche schwefelfrei ist, so können die Pilze nur gedeihen, insofern sie den nöthigen Schwefel in den Verunreinigungen des Zuckers finden. Es ist daher jedenfalls empfehlenswerth, der obigen Nährlösung ein Sulfat zuzusetzen. Auch wäre es zweckmässig, den Ammoniakgehalt zu vermehren und, insofern nicht Gärung eintreten soll, den Zuckergehalt zu beschränken.

Als Normalnährflüssigkeit aus Zucker, Ammoniak und Asche, die sich für die meisten ohne Gärung verlaufenden Kulturversuche eignet, kann folgende bezeichnet werden:

Wasser 100 ccm, Zucker 3 g, Ammoniaktartrat 1 g, mit Phosphorsäure neutralisirte Asche von Erbsen, Weizen-

körnern oder Cigarren 0,4 g, oder Hefenasche in etwas geringerer Menge.[24])

Da in dieser Nährlösung sich im günstigen Falle 0,5 g und mehr Pilzmasse bilden können, so ist die Aschenmenge nicht zu hoch angesetzt, in Anbetracht dass dieselbe sich oft langsam löst, und dass sie nicht die nämliche Zusammensetzung wie die Asche der entstehenden Pilze besitzt. Aus diesen Gründen ist es aber zweckmässiger, statt wirklicher Asche, die Mineralsalze für die Bereitung der Nährflüssigkeit zu verwenden. 1 g Hefe enthält 0,07 g (schwefelfreie) Asche und darin 0,042 g Phosphorsäure (P_2O_5), 0,028 g Kali, 0,005 g Magnesia und 0,0028 g Kalk. Danach muss die Menge und Beschaffenheit der zuzusetzenden Salze bemessen werden. Von Adolf Mayer wurde schon im Jahr 1869 als Normalmischung empfohlen: 0,1 g saures phosphorsaures Kali (KH_2PO_4), 0,01 g dreibasisch phosphorsaurer Kalk ($Ca_3P_2O_8$) und 0,1 g schwefelsaure Magnesia ($MgSO_4$). Er bezeichnet als bestnährende Lösung für Sprosshefe:

Wasser 100 ccm, Zucker 15 g, salpetersaures Ammoniak 1 g, KH_2PO_4 0,5 g, $Ca_3P_2O_8$ 0,05 g, $MgSO_4$ 0,25 g (oder crystallisirte schwefelsaure Magnesia 7 H_2O enthaltend 0,5 g).

In dieser Nährflüssigkeit könnten sich im günstigsten Fall, wenn nämlich alles Ammoniak für Albuminbildung

---

24) Bezüglich der Wahl dieser Aschen, ist zwar die Cigarrenasche am leichtesten zu beschaffen, ernährt aber, wie es scheint, am wenigsten gut. Bei einem zur Vergleichung angestellten Versuch (1876) bestand die Nährflüssigkeit aus 100 ccm Wasser, 10 g Zucker, 0,1 g neutralem weinsaurem Ammoniak. Drei Proben erhielten **a** 0,04 g Hefenasche und 0,033 g K_2SO_4. — **b** 0,06 g mit Phosphorsäure neutralisirte Cigarrenasche, — **c** 0,04 g mit Phosphorsäure neutralisirte Erbsenasche. Die Spaltpilzvegetation war in **a** und **c** äusserst reichlich und fast gleich, in **b** ebenfalls reichlich aber doch merklich geringer.

verwendet würde (wozu bei Sprosshefe die Salpetersäure untauglich ist), 3 bis 4 g Sprosshefe bilden, welche den 2,3. bis 1,7. Theil der vorhandenen Mineralstoffe in Anspruch nehmen. Da sich in Wirklichkeit kaum 1 g Hefe bildet, so verbraucht dieselbe nicht mehr als $^1/_7$ der dargebotenen Salze, die übrigens in richtigem Verhältniss gemengt sind. Nur wird sich der phosphorsaure Kalk sehr langsam lösen; er wurde später als überflüssig weggelassen.

Cohn bediente sich für Spaltpilzkulturen der von A. Mayer angegebenen Mischung, aus welcher er jedoch den Zucker wegliess, da sich, wie er behauptet, diese Aenderung günstig erweisen soll.[25]) Dadurch gestaltet sich seine „normale Bacteriennährflüssigkeit" (1872) folgender Massen:

Wasser 100 ccm, weinsaures Ammoniak 1 g, KH_2PO_4 0,5 g, $Ca_3P_2O_8$ 0,05 g, $MgSO_4$ 0,25 g.

In dieser Nährlösung ist durch Weglassung des Zuckers das Verhältniss zwischen der Kohlenstoffquelle und den Mineralstoffen in bedenklicher Weise verrückt: 1 g weinsaures Ammoniak giebt, wenn keine anderen nährenden Kohlenstoffverbindungen zugegen sind, wie die Versuche erweisen, kaum mehr als 0,1 g organische Substanz, weil weitaus der grösste Theil der Weinsäure verbrannt wird; ohne diesen Verbrennungsprocess können die Pilze, bei Ausschluss von Zucker oder einer anderen leicht vergärenden

25) Die beobachtete günstige Wirkung des Zuckermangels mag in einzelnen Fällen dadurch bedingt sein, dass bei Anwesenheit von Sprosspilzen reichlichere Mengen von Zucker diese gegenüber den Spaltpilzen begünstigen, oder dass für solche Spaltpilze, die sich dem Fluss- oder Sumpfwasser angepasst haben, die 15 g Zucker auf 100 Wasser der Mayer'schen Nährflüssigkeit eine zu concentrirte Lösung darstellen. Im Allgemeinen aber befördert der Zusatz von Zucker ganz auffallend das Wachsthum der Spaltpilze, und es ist im ersten der angeführten beiden Fälle bloss für Reinkultur der Spaltpilze zu sorgen und im zweiten der Zuckergehalt auf 2 bis 4 Prozent zu beschränken.

Verbindung, die Weinsäure gar nicht assimiliren. 0,1 g Pilzmasse enthält etwa 0,007 g Asche, und es kann die Pilzvegetation nicht mehr als etwa 1/70 der in der Nährlösung befindlichen Mineralsalze assimiliren. — Ferner ist zu berücksichtigen, dass jedes Salz, das in einiger Menge gelöst ist, nachtheilig auf die Ernährung der Pilze und bei Spaltpilzkulturen in erhöhtem Grade nachtheilig wirkt, wenn es ein saures Salz und wenn die Nahrung schwer assimilirbar ist. Desswegen halte ich 0,5 Prozent des sauren Phosphats mit 1 Prozent Ammoniaktartrat für eine wenig geeignete Combination.

Damit soll jedoch nicht gesagt sein, dass die angegebene Nährlösung ganz unbrauchbar sei; für viele gröbere Versuche, bei denen es sich nur darum handelt, gewöhnlichere und zähere Formen von Spaltpilzen in irgend einer albuminat- und zuckerfreien Nährlösung zu kultiviren, mag sie genügen. Sie könnte aber bei vergleichenden Versuchen, bei Bestimmung der Grenzen, wo die Ernährungsfähigkeit aufhört, bei Züchtungen empfindlicherer Spaltpilzformen z. B. von Krankheitspilzen und bei Züchtungen stärkerer Formen unter ungünstigen anderen Bedingungen, z. B. auch bei höherer Temperatur, den Beobachter durch eine minimale oder ganz ausbleibende Vermehrung der Pilze leicht irre führen.

Nicht besser ist die Nährflüssigkeit, welche bei dem Aufsehen erregenden Schüttelversuche Horvath's diente, und deren Zusammensetzung in Paris als Geheimniss behandelt wurde, über dessen Entwendung Klage zulässig sei. Sie besteht aus:

Wasser 100 ccm, weinsaures Ammoniak 1 g, KH_2PO_4 0,5 g, Magnesiumsulfat (wahrscheinlich ist das crystallisirte Salz $MgSO_4 + 7H_2O$ gemeint) 0,5 g, $CaCl_2$ 0,05 g [26]).

26) Ich habe schon früher (Theorie der Gärung) die Mischung als unzweckmässig bezeichnet.

Für Kultur von Sprosshefe ist die Mayer'sche Normallösung ganz geeignet, weil die Sprosspilze in einer schwach sauren Flüssigkeit vortrefflich gedeihen und selber saure Salze in ihre Substanz aufnehmen. Für Spaltpilze dagegen, welche im Allgemeinen in alkalisch reagirenden Flüssigkeiten am lebhaftesten sich entwickeln und deren Wachsthum, besonders wenn Albuminate und Zucker mangeln, in manchen Fällen schon durch schwach saure Reaction gehemmt wird, muss eine Normallösung neutral sein. Ich habe daher, als ich die Verwendung von Asche aufgab (1876), mich folgender Mischung von Mineralsalzen bedient:

A. Dikaliumphosphat (K_2HPO_4) 0,1035 g, Magnesiumsulfat ($MgSO_4$) 0,016 g, Kaliumsulfat (K_2SO_4) 0,013 g, Chlorcalcium ($CaCl_2$) 0,0055 g (auf 100 ccm Wasser und 1 g weinsaures Ammoniak).

Diese Salze enthalten die Elemente Phosphor, Schwefel, Magnesium und Calcium in dem richtigen Verhältniss. Dagegen ist Kali in beträchtlichem Ueberschuss vorhanden, nämlich 0,063 statt 0,028 g. Dieser Ueberschuss bringt aber keinen Nachtheil, weil die geringen Mengen von freiwerdendem Kali als Carbonat in der Lösung enthalten sind und die alkalische Reaction etwas verstärken, in einzelnen Fällen auch organische Säuren neutralisiren.

Später wurde das Kalium im Sulfat durch Ammonium (NH_4) ersetzt, sodass die Mischung sich nun folgender Massen gestaltete:

B. K_2HPO_4 0,1 g, $MgSO_4$ 0,016 g, $(NH_4)_2SO_4$ 0,017 g, $CaCl_2$ 0,0055 g.

und noch später wurde dieser Posten ganz weggelassen und die Mischung vereinfacht auf

C. K_2HPO_4 0,1 g, $MgSO_4$ 0,02 g, $CaCl_2$ 0,01 g.

In der Wirkung der Mischungen A, B, C war übrigens kein Unterschied bemerkbar. Dieselben dürften in allen Fällen, wo die Mineralstoffe nicht schon mit der organischen

Substanz in die Nährflüssigkeit kommen, wie dies z. B. beim Fleischextract der Fall ist, sich als brauchbar erweisen. Ist dagegen saure Reaction zulässig oder wünschbar, so kann das saure Phosphat angewendet werden:

D. KH_2PO_4 0,1 g, $MgSO_4$ 0,02 g, $CaCl_2$ 0,01 g.

Was die absolute Menge der Mineralstoffe in den Nährlösungen betrifft, so hängt dieselbe natürlich von der Menge der Verbindungen ab, welche organische Substanz bilden; sie kann zu niedrig, aber auch, wie ich bereits bemerkt habe, zu hoch gegriffen werden. Im Allgemeinen gilt die Regel, dass die Pilzzellen gelöste Stoffe sich um so leichter aneignen, in je grösserer Menge dieselben vorhanden sind; dass aber alle Nährsalze von einem gewissen Concentrationsgrad an einen merkbaren schädlichen Einfluss auf das Leben ausüben. Das Optimum ihrer Concentration liegt also wenig unter diesem Grad, und ist je nach der Beschaffenheit der Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen sehr ungleich, indem Lösungen mit Albuminaten (Peptonen) oder Zucker grössere Mengen von Nährsalzen ertragen als solche, die bloss ein Ammoniaksalz oder Asparagin enthalten.

Besonders kann bei Anwesenheit von Zucker das Kaliumphosphat in erheblichen Mengen mit günstigem Erfolge angewendet werden, wie sich dies beispielsweise aus folgendem Versuche (1875/6) ergiebt.

65 a. Auf 100 ccm Wasser 10 g Zucker, 0,5 g neutrales weinsaures Ammoniak, 0,7 g Citronensäure, etwas mit Phosphorsäure gesättigte Erbsenasche.

b. Ebenso mit 0,1 g Dikaliumphosphat.

c. Ebenso mit 0,5 g K_2HPO_4.

d. Ebenso mit 5 g K_2HPO_4.

Die 4 Nährlösungen wurden mit einer geringen Menge Bierhefe, die beinahe spaltpilzfrei war, besäet. Die Vegetation verlief in d am lebhaftesten, in a am trägsten. Der Zucker verschwand zuerst in d, zuletzt in a (nach 16 Tagen).

Die Sprosshefenzellen waren in a am kleinsten, in b deutlich grösser, in c und d sehr gross. Aber das phosphorsaure Kali hatte auf die Entwickelung der Spaltpilze einen noch viel günstigeren Einfluss als auf die Sprosspilze. a enthielt am Schluss zahlreiche Sprosspilze und wenig Spaltpilze; b etwas weniger Sprosspilze als a und ziemlich viel Spaltpilze; c viel weniger Sprosspilze als b, aber sehr viel Spaltpilze; d nur wenig Sprosspilze und äusserst zahlreiche Spaltpilze. In Uebereinstimmung mit diesem mikroskopischen Befunde war in a keine, in d sehr viel Milchsäure gebildet worden. Die Gewichtsbestimmung der Trockensubstanz der Ernte hatte wegen der ungleichen Vegetation keinen Werth.

Die günstige Wirkung einer grösseren Menge von phosphorsaurem Kali auf die Sprosshefe ergiebt sich auch aus dem unten angeführten Versuche (Nr. 70), wo 2 Prozent K_2HPO_4 ein grösseres Erntegewicht ergaben als 1 Prozent, nämlich die 12fache Vermehrung der Aussaat gegenüber der 10fachen Vermehrung.

Von schlecht nährenden Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen darf in vielen Fällen nur eine verdünnte Lösung angewendet werden, von Ammoniaksalzen (mit einer organischen Säure), wenn dieselben allein vorhanden sind, im Allgemeinen nicht mehr als 1 Prozent. Da sich in einem solchen Falle bloss etwa $^1/_{10}$ des Gewichts in Pilzsubstanz umwandelt, so bedarf es dazu nur äusserst geringer Mengen von Mineralstoffen. Da aber dieselben in so weit gehenden Verdünnungen dem Wasser nur schwer von den Pilzzellen entzogen werden, so müssen sie in beträchtlich grösseren Mengen den Nährflüssigkeiten zugesetzt werden. In den obigen Mischungen A und B ist durchgehends (mit Ausschluss von Kali) der 10fache Betrag von dem, was die Pilzvegetation muthmasslich aufnehmen kann, angesetzt, in C für die Salze $MgSO_4$ und $CaCl_2$ wegen der geringeren absoluten Mengen ein noch höherer Betrag. Letztere Com-

bination dürfte wohl für die Mehrzahl der Fälle als Optimum zu bezeichnen sein. Die Normalnährflüssigkeit für Spaltpilze bei Anwendung eines Ammoniaksalzes ist demnach übereinstimmend mit C:

I. Wasser 100 ccm, weinsaures Ammoniak 1 g, $K_2 HPO_4$ 0,1 g, $MgSO_4$ 0,02 g, $CaCl_2$ 0,01 g.

Hierin kann das weinsaure Ammoniak durch gleiche Mengen von essigsaurem Ammoniak, milchsaurem Ammoniak, citronensaurem Ammoniak, bernsteinsaurem Ammoniak u. s. w. oder von Asparagin, Leucin u. s. w. ersetzt werden.

Bei Anwendung von besseren Kohlenstoff- und Stickstoff-haltigen Nährsubstanzen ist es zweckmässig, die Mineralstoffe zu vermehren. Als Normalnährflüssigkeiten für Spaltpilze können noch folgende zwei gelten:

II. Wasser 100 ccm, Eiweisspepton (oder lösliches Eiweiss) 1 g, $K_2 HPO_4$ 0,2 g, $MgSO_4$ 0,04 g, $CaCl_2$ 0,02 g.

III. Wasser 100 ccm, Rohrzucker 3 g, weinsaures Ammoniak 1 g, Mineralstoffe wie in II.

Statt 1 g weinsaures Ammoniak kann in III die gleiche Menge eines andern organischen Ammoniaksalzes oder 0,5 g salpetersaures Ammoniak oder 0,7 g Asparagin oder 0,4 g Harnstoff verwendet werden.

In den drei letzten Nährlösungen können die mineralischen Nährsalze durch Asche ersetzt werden, und zwar am besten durch eine kalireiche Asche. Dieselbe muss mit Phosphorsäure gesättigt werden. Auf 100 ccm Lösung bedarf es für I 0,2 g, für II und III 0,4 g Asche.

Es giebt Spaltpilze, für welche die unter II und III angegebenen Nährlösungen mit Vortheil in ihrer Concentration erhöht werden; andere dagegen (besonders Krankheitspilze), die in einer verdünnteren Lösung besser gedeihen und für welche daher die in 100 Wasser enthaltenen Gewichtsmengen zweckmässig auf $^2/_3$ oder $^1/_2$ herabgesetzt werden. Die Nährflüssigkeiten II und III sind äquivalent der Nor-

mallösung von 1 Proz. Liebig'schem Fleischextract, welche für die Kultur der nämlichen Pilze weniger günstig sich erweist als eine 0,5 proz. Lösung. 1 g Fleischextract enthält im Mittel 0,2 g Aschenbestandtheile und 0,6 g lösliche organische Verbindungen.

Dagegen zeigt sich die nachtheilige Wirkung einer zu geringen Menge von Mineralstoffen bei guter Kohlenstoffnahrung deutlich aus den oben unter Nr. 52 angeführten Versuchen, wo die Sprosshefe in einer Nährlösung, die in 100 ccm Wasser 10 g Zucker, 0,5 g weinsaures Ammoniak, 0,035 K_2HPO_4, 0,006 $MgSO_4$, 0,0061 $(NH_4)_2SO_4$ und 0,0015 $CaCl_2$ enthielt, nur mit Durchleitung von Luft sich vermehrte, ohne Durchleitung von Luft dagegen sehr geringe Zunahme oder selbst Abnahme ihrer Albuminate erfuhr.

Die folgenden Versuche wurden von Dr. O. Löw ausgeführt und beschrieben.

66. Ernährung mit Rubidiumsalzen bei Schimmelpilzen. Bei dieser Versuchsreihe (Mai 78) wurde eine Nährlösung von folgender Zusammensetzung verwendet:

Wasser	500 g
Diammontartrat .	4
Zucker	4
Weinsäure . . .	4
Diammonphosphat .	3,2
Magnesiumsulfat .	0,08
Ammonsulfat . .	0,08
Calciumchlorid .	0,04

Während diese Lösung beim Kolben a keinen Zusatz von Salzen fixer Alkalien erhielt, wurde sie beim Kolben b mit 1,2 g Mononatriumtartrat, bei c mit der aequivalenten Menge des Kalium- bei d des Rubidium-

salzes versehen (also mit 1,36 g des ersteren und 1,68 g des letztren). Die ausgesäten Schimmelsporen entwickelten sich auf allen vier Lösungen, doch ungleich rascher bei c und d als bei a und b, welch' letztre auch weit weniger fructificirten.

Die Ernte betrug nach 7 Wochen bei:

		Stickstoffgehalt:
a . . .	0,520 g . . .	4,24 Prozent
b . . .	0,575 . . .	4,03
c . . .	1,359 . . .	5,42
d . . .	1,237 . . .	5,48

Während bei a und b der getrocknete Schimmel sehr zähe und kaum in der Porcellan-Schale zu zerreiben war, vielleicht in Folge des grösseren Cellulosegehaltes, war er bei c und d äusserst leicht zum feinsten Pulver zerreiblich. Der Stickstoffgehalt bei c und d war wie die Analyse ergab nahezu gleich und nicht unbeträchtlich höher als bei a und b. Einen misslichen Umstand bei diesem Versuche bildete die Schwierigkeit, Zucker gänzlich frei von jeder Spur Kali zu erhalten. Die niedern Pilze können aber erstaunlich geringe Mengen von Mineralstoffen haushälterisch verwerthen und darauf beruht auch sicherlich, dass bei a und b sich überhaupt Schimmelvegetation entwickeln konnte. In der That liessen sich in der Asche dieser Ernten minimale Mengen Kali deutlich nachweisen, ein Umstand, welcher die Nothwendigkeit von Kontrollversuchen klar darlegt.

67. Ernährung mit Rubidiumsalzen bei Spaltpilzen. Dieser Versuch wurde gleichzeitig mit dem vorhergehenden angestellt und auch dieselben Nährlösungen verwendet, mit dem Unterschiede jedoch, dass mit Ammoniak neutralisirt wurde. Die Menge der Nährflüssigkeit betrug je 125 ccm. Die Spaltpilze entwickelten sich der eintretenden Trübung nach zu urtheilen am schnellsten in der Rubidiumnährlös-

ung; denn nach 5 Tagen war diese bereits ziemlich trübe, während bei der Kaliumnährlösung erst schwacher Anfang hierzu gemacht war. Nach weiteren fünf Tagen war bei der Rubidiumlösung eine starke grünliche Fluorescenz aufgetreten, die sich in etwas schwächerem Grade auch bei der Kalium-, gar nicht aber bei der Natrium- und Ammonium-Nährlösung zeigte. Diese beiden Lösungen waren schon ganz trüb, während diejenige mit Natriumtartrat und diejenige ohne fixe Alkalien noch klar blieben. Später indess trübten sie sich ebenfalls und diejenige mit Natriumtartrat nahm auch eine schwach gelbgrünliche Färbung an. Schliesslich waren die Pilze in allen 4 Lösungen reichlich entwickelt.[1] Die in einer gewissen Zeit durch Oxydation verschwundene Menge organischer Substanz hätte hier ein Maas der Entwicklung und Lebensenergie geben können, indess als nach 7 Wochen diese Bestimmung vorgenommen werden sollte, zeigte es sich, dass dieser Zeitraum bereits ein zu langer und der Verbrennungsprocess in allen 4 Flaschen dem Ende nahe war.

68. Ernährung mit Rubidiumsalzen bei Sprosspilzen. (Mai 78.)

Hiezu diente folgende Nährlösung:

a)	Wasser	700	g
	Zucker	60	
	Ammonsulfat . . .	1	
	Diammonphosphat . .	10	
	Mono-Ammontartrat .	5	
	Magnesiumsulfat . .	0,08	
	Calciumchlorid . . .	0,03	

Beim Kolben b wurde das Ammontartrat durch die aequivalente Menge des Natriumsalzes, bei c des Kalium- und bei d des Rubidiumsalzes ersetzt. Nach 12 Stunden wurden noch 40 g Zucker zugefügt. Die Gärung fand im

Brütkasten bei constantem Luftstrom statt. Nach 26 Stunden wurde absetzen lassen und der Versuch beendet. Es ergab sich bei einer Aussaat von 0,650 g frischer Bierhefe Ernte bei:

a . .	0,674 g
b . .	0,689
c . .	0,862
d . .	1,001

Also auch hier konnte Rubidium die Function des Kaliums nicht nur übernehmen, sondern in höherem Grade ausüben. Der Stickstoffgehalt der Rubidiumhefe betrug 8,34 Prozent; auch wurde das Rubidium in der Asche dieser Hefe nachgewiesen.

69. Ernährung mit Rubidium- und Caesiumsalzen bei Schimmelpilzen (Mai 1879).

Da bei den vorhergehenden Versuchen (66, 67 und 68) die Nährlösungen mit Ammon- und Natriumsalzen ziemlich reichliche Vegetationen ergeben hatten, was möglicher Weise auf Rechnung der Verunreinigung der übrigen Nährstoffe namentlich des Zuckers kam, so wurden jetzt nur Substanzen verwendet, welche leicht kalifrei zu erhalten sind und ferner die Glaskolben durch cylindrische gut verzinnte Blechgefässe ersetzt. Das Resultat war denn in der That erheblich verschieden und die Ernten bei mangelndem Kalizusatz relativ weit unbedeutender.

Die Nährlösung besass folgende Zusammensetzung:

Wasser	500
Glycerin	20
Ammonacetat . . .	5
Ammonsulfat . . .	0,1
Diammonphosphat . .	2,0
Magnesiumsulfat . .	0,08
Calciumchlorid . . .	0,03
Essigsäure	4,0

Von den fünf mit dieser Nährlösung versehenen Gefässen erhielt:

a) keinen weiteren Zusatz,
b) 0,6 Mononatriumtartrat,
c) die aequivalente Menge des Kaliumsalzes (0,7 g)
d) „ „ „ „ Rubidiumsalzes (0,9 g)
e) „ „ „ „ Caesiumsalzes (1,1 g)

Nach 2 Wochen war der Unterschied von a und b einerseits und c, d und e andrerseits sehr auffällig geworden; letztre drei Gefässe schienen nahezu gleichgrosse Schimmelrasen zu haben, die bereits kräftig entwickelt waren, während bei a und b sich nur kümmerliche Anfänge zeigten. Nach drei Wochen betrug die Ernte bei:

a . .	0,292 g
b . .	0,081
c . .	1,396
d . .	2,233
e . .	2,280

Es ergiebt sich hieraus auf's entschiedenste, dass Rubidium und Caesium das Kalium bei den Schimmelpilzen vortheilhaft zu ersetzen vermögen. Natrium vermag dieses nicht und sind den Ernten bei a und b sicherlich wieder Spuren von Kali in der Nährlösung zuzuschreiben.

99,f. Auch Lithium vermag nicht das Kalium zu ersetzen, denn bei einem Versuche mit einer 3 Prozent Ammonacetat enthaltenden Nährlösung, in der Lithium- statt des Kaliumphosphats vorhanden war, entwickelte sich selbst nach 6 Wochen keine Spur von Schimmel.

70. Vermehrung des Kaliumphosphats bei der Kultur von Sprosshefe (April 1878). Da bei früheren Versuchsreihen mit Sprosshefe verhältnissmässig geringe Mengen des Dikaliumphosphats verwendet, später aber eine erhebliche Steigerung der Ernten bei der Vermehrung dieses Salzes beobachtet worden war, so schien es von Interesse,

nähere quantitative Angaben über den Einfluss dieser Steigerung zu erhalten. Gleichzeitig damit wurde ein Versuch mit gesteigerter Ammoniakmenge gemacht.

Die Nährlösung a bestand aus:

Wasser	200	g
Zucker	20	
Diammontartrat . .	1	
Dikaliumphosphat .	2	
Magnesiumsulfat .	0,012	
Ammoniumsulfat .	0,013	
Calciumchlorid . .	0,003	

Bei b war die Menge des Kaliumsalzes auf das Doppelte vermehrt, bei c aber gleichzeitig dieses und das Ammontartrat auf's Doppelte. Die Kolben wurden mit je 0,566 g Trockensubstanz entsprechender Hefemenge beschickt und im Brütkasten mit einem continuirlichen Luftstrom behandelt. Nach 12 Stunden war die Gärung beendet und zeigte die Hefe bereits beträchtliche Zunahme. Die Reaction war schwach sauer. Das Volum der Nährlösung wurde nun auf $^1/_2$ Liter erhöht und nach wieder vollendeter Gärung auf 1 Liter. Da bereits Spaltpilze sich einzustellen begonnen hatten, wie das Microscop erwies, so wurden die Ernten jetzt bestimmt. Es ergab sich bei

a = 5,56 g = 9,82 faches der Aussaat [27])
b = 6,41 g = 11,32 „ „ „
c = 6,77 g = 11,92 „ „ „

Da die Dauer der Gärungszeit nur 64 Stunden betrug, so ist diese Zunahme gegen frühere Versuche mit geringeren Phosphatmengen eine sehr bedeutende zu nennen.

---

27) Die Hefe a war locker und klumpig, b und c aber schlammig wie normale Bierhefe. Unter dem Microscope zeigte c mit sehr grossen Zellen die beste Entwicklung.

Ferner ergiebt sich, dass die Erhöhung des Phosphats von 1 Prozent auf 2 bei diesem Versuch eine Vermehrung von 0,85 g im Gefolge hatte, die gleichzeitige Vermehrung des Phosphats und des Ammonsalzes eine solche um 2,21 g. Diese Mengen erscheinen gegenüber der Zunahme in allen 3 Fällen nur unbedeutende.

Von der Hefe c wurde eine 1,51 g Trockensubstanz entsprechende Menge in je 1 Liter Nährlösung (c) vertheilt, und die erste Flasche bei 15—18°, die zweite bei 28—30° mit einem continuirlichen Luftstrom behandelt; erstre gab eine Verdoppelung der Aussaat in 42 Stunden, letztre bereits in 18. Unerwähnt kann jedoch nicht bleiben, dass auch bei diesen so günstigen Resultaten allmälig Spaltpilze auftraten und nach jeder Erneuerung der Nährlösung zunahmen.

71. Ernährung mit Kalk, Baryt, Strontian und Magnesia bei Schimmelpilzen (Juni 1879).

Die Ersetzbarkeit der Kaliumsalze durch Rubidiumsalze bei den niedern Pilzen liess vermuthen, dass hier auch ein Ersatz des Calciums durch Magnesium, Baryum oder Strontium möglich sei. Der Versuch hat dieses im Allgemeinen bestätigt, wenn auch die Erntemengen in den verschiedenen Fällen sehr von einander abwichen. Zu den Versuchen diente Schimmel — wie immer Penicillium — welcher auf je ½ Liter einer 3prozentigen Nährlösung von essigsaurem Ammoniak ausgesät wurde, welch' letztres sehr leicht frei von allen fixen Mineralstoffen zu erhalten ist. Dikaliumphosphat war überall gleichviel vorhanden, nämlich 0,1 Prozent. Als Schwefelquelle diente u n t e r s c h w e f e l s a u r e s[28]) Ammon (0,04 Prozent) da die Schwefelsäure wegen des vergleichenden Versuchs mit Baryumsalzen vermieden werden musste. Um

28) Aus Sulfiten und Hyposulfiten vermag der Schwefel ebensogut als aus Sulfaten assimilirt zu werden, wahrscheinlich auch aus Sulfosäuren; dagegen nicht aus Sulfoharnstoff und Rhodanammonium.

Spaltpilze auszuschliessen war anfänglich mit 1 Prozent Essigsäure angesäuert worden; da aber diese Menge bei solch' schlechten Nährstoffen auch für Schimmel antiseptisch wirkte, so wurde nach 2 Wochen die Säure zu dreiviertel mit titrirter Ammonflüssigkeit abgestumpft, worauf dann Schimmel sich entwickelte.

Die Normallösung erhielt 0,016 Prozent $MgCl_2$
und 0,006 Prozent $CaCl_2$
womit dann Lösungen mit Abwesenheit dieser Nährsalze und Ersatz des Ca durch Ba und Sr bei An- und Abwesenheit von Magnesiumsalz verglichen wurden. Die folgende Tabelle erläutert diese Combinationen (a—h). Da wo nur Calcium und nur Baryum vorhanden war, stellte sich eine Rothfärbung der Flüssigkeit ein, auch hatten sich hier nächst der Normallösung die meisten Sporen gebildet, während bei den übrigen die Sporenbildung nur sehr gering war oder fehlte. Die Sporen hatten überall eine röthliche Färbung.

Die nach 7 Wochen gesammelte und getrocknete Ernte betrug bei:

a)	Mg,	Ca . .	0,498 g
b)	Mg,	— . .	0,153
c)	—	Ca . .	0,491
d)	—	— . .	0,026
e)	Mg,	Ba . .	0,201
f)	Mg,	Sr . .	0,190
g)	—	Ba . .	0,216
h)	—	Sr . .	0,103

Es ergiebt sich hieraus, dass bei Abwesenheit von alkalischen Erden bei d sich nur eine Minimalmenge Schimmel entwickelte [29]), und dass jene 4 Elemente sich bei den Schimmel-Pilzen zu einem gewissen Grade vertreten können.

29) Vielleicht in Folge der haushälterischen Verwerthung der in den ausgesäten Sporen enthaltenen Mineralstoffe.

72. Ausschluss von Chlor und Schwefel bei Schimmelpilzkulturen. Als Nährmittel wurde Ammonacetat angewendet. Im einen und andern Falle entwickelte sich eine nicht unerhebliche Schimmelvegetation. Die Vermuthung jedoch, als sei bei dem Ausschluss von Schwefel auch ein schwefelfreier Proteinkörper entstanden, bewahrheitete sich nicht; denn die Ernte gab mit schwacher Kalilösung erwärmt, nach dem Ansäuern, auf einem darüber gehängten mit Bleiessig getränkten Papierstreifen sofort eine deutliche Reaction auf Schwefelwasserstoff zu erkennen.[30]) Entweder haben hier kaum nachweisbare Spuren von Sulfaten in den verwendeten Nährsubstanzen eine Rolle gespielt oder es fanden aus der Luft Spuren von Schwefelwasserstoff ihren Weg in die mit Baumwollpfropf verschlossenen Kolben, die dann zur Assimilation dienten.

73. Diosmose von Kalium- und Natrium-Phosphat. Bei den Fragen, die wir uns über die physiologische Rolle der Mineralstoffe vorlegten, schien es wünschenswerth, über die relative Schnelligkeit der Diosmose des Kalium- und Natriumphosphats in verdünnter Lösung einige Versuche anzustellen.

5 g Dikaliumphosphat, in 200 cc Wasser gelöst wurden in einem cylindrischen, oben offenen, unten mit Pergamentpapier verbundenen Gefäss 36 Stunden bei 18—20° diosmiren lassen. Das in die äussere Flüssigkeit übergegangene Phosphat betrug nach dem Abdampfen und Glühen 1,850 g, entsprechend 1,951 g K_2HPO_4. Das Diaphragma hatte 44,1 qcm also waren per Stunde und Quadratcentimeter 0,00126 g diosmirt.

---

30) Auf diese Weise lässt sich auch der Schwefelgehalt des Spaltpilzproteins unzweifelhaft darthun. Schon sehr kurze Erwärmung der Pilze mit sehr verdünnter Kalilösung reicht hin, den Schwefel theilweise abzuspalten.

In ganz gleicher Weise wurde der Versuch mit der aequivalenten Menge Dinatriumphosphat angestellt und die Menge des per Stunde und Quadratcentimeter diosmirten Na_2HPO_4 zu 0,00133 g gefunden. Das moleculare Verhältniss des diosmirten Kalium- und Natriumsalzes ist daher 1:1,291. Im Anschluss hieran fragte es sich, wie sich die Diosmose dieser Salze gegeneinander gestalten würde. Es wurde desshalb eine Lösung von 5 g Dikaliumphosphat in 200 cc Wasser in den Dialysator (40 qcm) gegeben und gegen 200 cc Lösung der aequivalenten Menge Dinatriumphosphat diosmiren lassen. Die übrigen Verhältnisse (Zeit und Temperatur) waren genau dieselben wie oben. Aus der äussern Flüssigkeit wurde nachher erhalten: 2,679 Kaliumplatinchlorid. In der innern Flüssigkeit wurde der Gesammtglührückstand bestimmt und davon die darin enthaltene Phosphorsäure und Kali abgezogen. Aus der Differenz berechnete sich die Menge des Dinatriumphosphats zu 0,957 g. Es war also per Stunde und Quadratcentimeter 0,000666 g Dikaliumphosphat nach aussen und 0,000662 g Dinatriumphosphat nach innen diosmirt. Die Diosmose war also hier noch einmal so langsam wie oben, und als moleculares Verhältniss ergiebt sich 1:1,217.

Ueber das Wachsthum der Stärkekörner durch Intussusception.

In Nr. 12 der botanischen Zeitung vom Jahr 1881 ist von Hr. A. F. W. Schimper ein Angriff auf die Lehre, dass die Stärkekörner durch Intussusception wachsen, gemacht und dieselbe nach seiner Meinung auch vollständig widerlegt worden. Obgleich ich als Urheber der vermeintlichen Irrlehre zunächst bei der Sache betheiligt scheine, so würde ich, meiner Gewohnheit treu bleibend, mich nicht zu einer Gegenäusserung veranlasst gesehen haben, wenn nicht Anfragen und Aufforderungen und zwar von sehr achtbaren Seiten mich dazu veranlasst hätten, mit dem Hinweise darauf, wie wichtig die allgemeine Theorie des Wachsthums organisirter Gebilde für viele andere Forschungen sei, und dass der Versuch zur Wiederherstellung der alten Appositionstheorie ziemliches Aufsehen errege.

Zunächst darf ich wohl eine Bemerkung über meine eben erwähnte Gewohnheit machen; sie wird zugleich als passende Einleitung zu der Gegenkritik dienen. Die Botanik ist noch weit davon entfernt, eine exacte Wissenschaft zu sein; einige Disciplinen, die der experimentellen Behandlung fähig sind, machen zwar eine vortheilhafte Ausnahme. Im Uebrigen aber hält man es für zulässig, namentlich die Physiologie in der Art zu behandeln, dass man unmittelbar aus morphologischen Beobachtungen Schlüsse zieht, ohne

die physiologischen Grundlagen, auf denen sie aufgebaut werden sollten, zu berücksichtigen, oft selbst ohne diese Grundlagen überhaupt zu kennen.

In Folge dessen können wir die Veröffentlichungen in der periodischen botanischen Presse, wozu namentlich auch die vielen Vereinsschriften gehören, in zwei Kategorien theilen. Unter der Unzahl von Artikeln sind es eigentlich nicht sehr viele, die die Wissenschaft wirklich fördern. Die anderen enthalten theils unkritische Meinungen von sehr relativem Werth, theils Beobachtungsthatsachen und Thatsächelchen, die jeder, der darauf ausgeht, in Hülle und Fülle auffinden kann, und die, weil mit dem bisherigen Wissen nicht in gehörige Beziehung gebracht, ebenfalls nur einen sehr relativen Werth besitzen. Ich halte nun die zweite Kategorie von Publikationen nicht für unnütz; sind dieselben im Allgemeinen auch dilettantenhaft, so bekunden und unterhalten sie doch die Theilnahme an wissenschaftlichen Dingen in weiteren Kreisen. Aber sie verbreiten fast ebenso viel Irrthum als Wahrheit und dienen jedenfalls nicht dazu, das Ansehen der Wissenschaft zu erhöhen.

Ein unbestrittenes Ansehen wird die Botanik erst gewinnen, wenn das Bewusstsein allgemeiner wird, dass eine Meinung oder eine Theorie nur dann Anspruch auf Berechtigung machen kann, wenn sie allen bekannten Thatsachen genügt, und dass sie durch eine einzige widersprechende Thatsache, wenn dieselbe auch weit abliegt und möglicher Weise einer anderen Wissenschaft angehört, als zweifelhaft oder unrichtig hingestellt wird, — dass ferner eine Beobachtungsthatsache ihren wissenschaftlichen Werth erst durch die logische Verknüpfung mit allen anderen Thatsachen und Gesetzen erlangt, und dass sie ohne diese Verknüpfung als sogenanntes „schätzbares Material für spätere Forscher" so gut als werthlos ist, weil gewöhnlich nur diejenige Beobachtungsthatsache sich als wissenschaftlich brauchbar er-

weist, welche mit bestimmten theoretischen Vorstellungen gewonnen, mit Rücksicht auf dieselben und das ganze bisherige Wissen controlirt und wo möglich mit passenden Versuchen verglichen wird.

Ein unbestrittenes Ansehen wird sich also unsere Wissenschaft erst erringen, wenn wenigstens die ernsthafteren Vertreter derselben sich entschliessen, das Beispiel der Physiker nachzuahmen und sowohl in den morphologischen Dingen als in allen Gebieten der Physiologie eine streng kritische und exacte Methode zu befolgen, — und wenn ferner ein angesehenes Organ sich die Aufgabe stellt, nicht nur die morphologischen, sondern auch die physiologischen Artikel einer strengen Prüfung zu unterwerfen und ungenaue Arbeiten entweder zurückzuweisen oder doch auf die hauptsächlichsten Irrthümer derselben hinzudeuten. Ein solches Organ, das überdem es unternimmt, stets alle wirklichen Errungenschaften auf dem exacten Felde der Wissenschaft zusammenzufassen und die verfehlten Versuche entweder ausdrücklich oder stillschweigend zu beseitigen, macht sich immer mehr als ein wirkliches Bedürfniss fühlbar und wird früher oder später in irgend einer Form gewiss auch ins Leben treten. Dasselbe wird besonders für die Verbreitung wissenschaftlicher Wahrheit in weiteren Kreisen und Bewahrung vor Irrthümern sehr wohlthätig wirken, da jetzt in dem Widerstreite berechtigter und unberechtigter Meinungen nur der Eingeweihte ein Urtheil hat.

Für den Fortschritt der Pflanzenphysiologie als interne Wissenschaft sind allerdings unkritische Meinungen und unexacte Arbeiten unschädlich. Denn derjenige, der berufen ist, die Wissenschaft um einen Schritt vorwärts zu bringen, wird immer wieder an die lauteren Quellen gehen und auf den feststehenden Grundlagen weiter bauen. Dies ist der Grund, warum ich, wie noch mancher Forscher, gewöhnlich irrthümliche Behauptungen, auch wenn

sie gegen meine Arbeiten gerichtet sind, unbeantwortet lasse. Sie verfallen mit der Zeit von selbst der Vergessenheit.

Das Gebiet der Physiologie, in welchem am meisten gegen die strengen Forderungen der Wissenschaft gesündigt wird, ist die Molekularphysiologie. Auf diesem Gebiet hält man ziemlich allgemein jede Meinung für erlaubt, ohne lange zu fragen, ob sich dieselbe mit den chemischen, physikalischen und mechanischen Gesetzen vertrage oder nicht. Ein solches unkritisches Verfahren muss auch dem angeführten Schimper'schen Aufsatz vorgeworfen werden. Demselben giengen morphologische Beobachtungen voraus,[1] welche sehr werthvolle neue Thatsachen zu Tage förderten, und durch welche sich der Verfasser dann zu einer neuen Theorie des Wachsthums berechtigt glaubte. Die Beziehungen zwischen den neuen morphologischen Beobachtungen und der neuen physiologischen Theorie sind aber nicht etwa derart, dass jene unmittelbar auf diese hinweisen würden. Dagegen wäre allerdings Veranlassung zu der Erwägung geboten gewesen, ob die Lehre von dem Wachsthum durch Intussusception irgend einer Modification, einer Erweiterung oder Beschränkung bedürftig geworden sei.

Der Verfasser geht aber viel energischer in's Zeug; aus der Beobachtung, dass den excentrisch gebauten Stärkekörnern auf der Seite der grössten Wachsthumszunahme ein Plasmakörper aufgesetzt ist, und aus der ferneren Beobachtung, dass auf alten corrodirten Körnern neue geschichtete Stärkemassen auftreten, entnimmt er den vollgültigen Beweis, dass das Wachsthum durch Auflagerung an der Oberfläche geschehe, — so dass bloss noch die Aufgabe bestehe, den Vorgang dieses Wachsthums zu erklären.

---

1) Untersuchungen über die Entstehung der Stärkekörner. Bot. Zeit. 1880.

Ein solches Verfahren ist charakteristisch für die Kurzsichtigkeit ausschliesslicher morphologischer Anschauung, welche stets die nächstliegende physiologische Möglichkeit für erwiesene Nothwendigkeit hält. Es muss doch einer besonnenen Logik klar werden, dass das Aufsitzen eines Plasmakörpers an einer bestimmten Stelle bloss über die Richtung des Wachsthums, nicht aber über die Art und Weise desselben entscheidet, und dass, wenn anderweitige Thatsachen und Erwägungen die Intussusception verlangen, aus der Beobachtung des Verfassers über das Weiterwachsen corrodirter Körner bloss zu folgern ist, es könne unter bestimmten Umständen das Intussusceptionswachsthum, statt in der früheren Weise sich fortzusetzen, in neuer Form beginnen, wie dies bei der Membranbildung als Ausnahmsfall schon lange angenommen werden muss. Diese zwei Folgerungen sind, wie mir scheint, so selbstverständlich, dass es überflüssig ist, sie näher zu begründen. Ich werde übrigens später hierauf zurückkommen.

Die Frage, ob die Stärkekörner durch Auflagerung oder durch Einlagerung wachsen, muss also nach wie vor durch die unbestreitbaren Thatsachen entschieden werden, dass in dem anfänglich dichten Korn ein weicher Kern und späterhin in den auf eine gewisse Mächtigkeit angewachsenen dichten Schichten je eine weiche Schicht eingeschaltet wird. Diese Thatsachen waren für mich seiner Zeit die Grundlage der Intussusceptionstheorie, durch die sie auch vollständig erklärt werden. Dieselben gelten auch dem Verfasser als unbestritten; er versucht aber das Unmögliche, indem er sie aus der Apposition ableiten will. Die Streitfrage reduzirt sich also auf eine mechanisch-physiologische Aufgabe, — und der zweite Aufsatz des Verfassers beschäftigt sich denn auch vorzugsweise mit diesem molekular-mechanischen Problem.

Um eine bestimmte mechanische Aufgabe zu lösen, muss man die Lage der Körper und die Kräfte, die auf sie einwirken, kennen. Beim Wachsthum der Stärkekörner treten Lageveränderungen von Substanztheilchen und Wassermolekülen ein; man muss also eine bestimmte Vorstellung von der sich bildenden Anordnung der Substanz und des Wassers, sowie von den zwischen beiden bestehenden Kräften haben. Ohne eine solche Vorstellung kann von einem mechanischen Problem überhaupt nicht die Rede sein.

Was meine Theorie der Intussusception betrifft, so nahm ich an, dass das Stärkekorn aus unsichtbar kleinen Theilchen (jetzt Micelle genannt) bestehe, die von krystallinischer Beschaffenheit sind und wie Krystalle wachsen, und die im imbibirten Zustande an der ganzen Oberfläche sich mit Wasser benetzen, indem sie bis auf eine geringe Entfernung eine grössere Anziehung zu Wasser, darüber hinaus aber eine grössere Anziehung zu Substanz geltend machen. Diese Annahmen waren nicht willkürlich gewählt, sondern durch bestimmte Thatsachen dargeboten, und aus ihnen ergaben sich folgerichtig die verschiedenen Eigenschaften organisirter Substanzen, sowie auch das Wachsthum durch Intussusception und die Mechanik desselben bei den Stärkekörnern.

Was die neue Theorie der Apposition betrifft, so äussert sich der Verfasser über die Grundlagen seiner mechanischen Betrachtungen gar nicht, — und es ist mir selbst zweifelhaft, ob er über dieselben überhaupt eine bestimmte Ansicht habe. Da er den ganzen mechanischen Theil seiner Theorie meiner Schrift über die Stärkekörner entlehnt, so erhielt ich durch den ersten Theil des Aufsatzes die Meinung, dass er von der Micellartheorie ausgehe, denn die mechanische Ausführung gilt nur für micellösen Aufbau und hat für eine andere Beschaffenheit der Substanz keinen vernünftigen Sinn. Aber diese Meinung

wurde durch später folgende Bemerkungen wieder wankend. Die Terminologie giebt keinen Aufschluss, indem die nächsten Bestandtheile der Stärkekörner und somit die Elemente der mechanischen Betrachtung mit dem Namen „Moleküle" bezeichnet werden, ein Ausdruck, der offenbar aus meiner Schrift über die Stärkekörner mit herüber gekommen ist.

Die Moleküle oder Molekeln waren vor mehr als 20 Jahren, als ich über die Stärkekörner schrieb, nach dem Sprachgebrauch der Physiologen die Theilchen der organisirten Körper und identisch mit den jetzigen Micellen. Erst später hat die Chemie die Benennung Moleküle für die früheren „zusammengesetzten Atome" angenommen, wodurch der Sprachgebrauch der Physiologen unhaltbar wurde. Wenn der Physiologe jetzt von Stärkemolekülen spricht, so versteht er darunter die Moleküle der Chemie; und die grosse Mehrzahl der Leser dürfte mit den „Molekülen" des Verfassers den nämlichen Begriff verbunden haben.

Wenn also der Verfasser nicht die chemischen Moleküle meinte, so hätte er es zur Aufklärung des Lesers sagen sollen. Dass er aber die chemischen Moleküle nicht meinen konnte, geht unwiderleglich aus der mechanischen Ausführung hervor, denn diese passt nur für die Micelle. Aus benetzten Stärkemolekülen der Chemie käme nicht einmal eine dichte Stärkesubstanz, wie sie alle Stärkekörner besitzen, zu Stande, sondern immer nur eine sehr wasserreiche Masse. — Somit muss ich die „Moleküle" des Verfassers für Micelle halten, wenigstens soweit es die mechanische Ausführung betrifft, und ich werde auch für die folgende Besprechung die Micellartheorie um so mehr als zu Recht bestehend betrachten, als sie die einzig mög-liche ist.

Gehen wir zu der mechanischen Theorie selbst über, so hat, wie schon gesagt, der Verfasser dieselbe unverändert meiner Abhandlung entnommen, bis auf diejenigen Entwickelungen, welche mit seiner Meinung über das Wachs-

thum sich nicht vereinen lassen. Diese erklärt er sämmtlich für unbestimmt, unklar, unverständlich, und da er vielleicht fühlt, dass ein solches Verfahren doch nicht ganz unbedenklich ist, so sagt er, es sei Sachs ebensowenig gelungen, dieselben zu verstehen, so dass dadurch meine Schreibweise wenigstens bezüglich jener Abhandlung in einem wenig vortheilhaften Lichte erscheint.

Gegen diese Ausstellung darf ich vielleicht pro domo bemerken, dass mir sonst nicht gerade Unklarheit vorgeworfen wird, und dass ich, ehe ich veröffentliche, mir die Mühe nehme, die betreffende Sache wo möglich von allen Seiten anzusehen und darüber vollkommen ins Reine zu kommen. Ferner, dass Sachs nur bei einem ganz speziellen Punkt, nämlich bei der Kerntheilung, sich äussert, es sei ihm „meine Ansicht von der Ursache dieser Erscheinung nicht ganz klar geworden", — was wohl daher kommt, dass ich das genannte Problem, weil die Ausführung im Einzelnen verschiedene Möglichkeiten darbietet, nur ganz allgemein behandelt habe, und dass der Verfasser eines Handbuches sich nicht bei jedem einzelnen Gegenstand, wenn derselbe nicht von hervorragender Bedeutung ist, lange aufhalten kann.

Eine andere Pflicht liegt freilich dem Monographen ob, der eine bestehende allgemeine Theorie durch eine andere ersetzen will. Derselbe sollte sich die Mühe geben, die bisherige Theorie zu verstehen, und bedenken, dass mechanische Probleme ohne eine unleidliche Breite nicht so leicht verständlich zu machen sind wie etwa eine morphologische Beschreibung, und dass daher dem Leser immer noch eigenes Nachdenken zugemuthet werden muss. Er sollte ferner berücksichtigen, dass aus einem zusammengehörigen System von mechanischen Folgerungen nicht einfach und ohne Begründung die eine Hälfte angenommen, die andere zurückgewiesen werden darf. Der Schluss seines

Artikels, von dem ich ebenfalls am Schlusse sprechen werde, zeigt freilich, dass der Verfasser auch über die von ihm als richtig angenommene Hälfte nicht zum klaren Verständniss gelangt ist.

Wie bereits bemerkt muss die Thatsache, dass in dem kleinen dichten Stärkekorn und in den dichten Schichten der grösseren Körner sich eine weiche Masse ausscheidet, den Ausgangspunkt für jede Theorie des Wachsthums bilden. Dies anerkennt auch der Verfasser, sagt aber, dass jene Thatsache durch längst bekannte physikalische Eigenschaften der Stärkekörner erklärt werde und formulirt dann diese Eigenschaften und die Folgerungen daraus in einer Weise, die mir nicht annehmbar erscheint.

Die erste Behauptung betrifft die Cohaesion und Dehnbarkeit der Stärkesubstanz. Bei Anwendung von Druck sollen sich in den Stärkekörnern nur radiale, die Schichten rechtwinklig durchbrechende und keine tangentialen, mit den Schichten parallelen Risse bilden, selbst „wenn die Stärkekörner auf das Mehrfache ihrer Durchmesser durch Druck ausgedehnt werden." Daraus wird geschlossen, dass „die Cohaesion des Stärkekorns in der tangentialen Richtung sehr gering, in der radialen hingegen sehr gross sei; dass die Substanz in letzterer Richtung sehr dehnbar sei, während Dehnbarkeit in tangentialer Richtung vollständig zu mangeln scheine."

Bezüglich dieser auffallenden Meinung ist der Leser natürlich sehr gespannt darauf, durch welche Structur ein so gearteter Gegensatz zwischen radialer und tangentialer Richtung zu Stande komme. Denn nach den vorliegenden Thatsachen erwartet man das Gegentheil, nämlich eine schwächere Cohaesion in radialer Richtung, weil in dieser Richtung die alternirend wasserreichen Schichten dem Zug nur einen sehr geringen Widerstand darbieten. Die Neugierde bleibt aber unbefriedigt, denn eine Erklärung wird weiter nicht versucht.

Indessen ist die Basis selbst, auf welcher die Meinung beruht, nicht solid. Uebt man auf ein in Wasser liegendes Stärkekorn einen Druck aus, so sieht man allerdings nur radiale Risse, woraus indessen nicht folgt, dass die tangentialen mangeln. Man stelle sich einmal die Frage, wie denn tangentiale Risse zur Ansicht kommen können. Man sieht dann leicht ein, dass Risse, die mit den Schichten parallel gehen, gar nicht sichtbar sind. Die radialen Risse werden sehr deutlich, weil sie unter dem Auge des Beobachters senkrecht stehen und die dichten Schichten durchbrechen, weil sie somit auf eine beträchtliche Höhe den Gegensatz zwischen Wasser und dichter Substanz zeigen. Die tangentialen Risse dagegen können, auch wenn sie vorhanden sind, nicht gesehen werden, theils weil sie die Gestalt der Oberfläche eines stark zusammengedrückten Ellipsoids besitzen und demnach nur auf eine geringe Höhe sich in senkrechter Lage befinden, — theils aber namentlich desswegen, weil sie innerhalb der weichen Schichten auftreten, und weil ein mit Wasser gefüllter Riss von der weichen wasserähnlichen Substanz nicht unterschieden werden kann.

Man könnte nun meinen, — und darauf deutet auch eine Bemerkung des Verfassers, — dass, wenn durch Druck sich zugleich radiale und tangentiale Risse bildeten, die Substanz des Stärkekorns in viele Stücke zerfallen müsste. Dass dies aber nicht der Fall sein kann, ergiebt sich einfach aus einer genauen Erwägung der Sachlage. Bei einseitigem Druck bilden sich natürlich nur solche radiale Risse, deren Fläche mit der Richtung des Druckes parallel geht, wodurch die Substanz des Korns in Kugelsectoren oder Kugelkeile (mit kugelzweieckiger Grundfläche) zerfällt; und diese Kugelsectoren zerfallen ferner durch die tangentialen Risse in concentrische, bandförmige Schalen: Zu einem Ablösen von Stücken ist also bei vorsichtigem

Drucke auch bei Anwesenheit von tangentialen Rissen keine Veranlassung geboten.

Wir fragen uns ferner, was müsste geschehen, wenn die Stärkekörner einer Gestaltsveränderung, bei welcher die einen Durchmesser sich auf das Mehrfache verlängern, lediglich durch Dehnbarkeit ihrer Substanz in radialer Richtung, wie der Verfasser behauptet, genügen wollten. Offenbar müssten Verschiebungen der Micelle stattfinden; denn wir könnten nicht annehmen, dass dieselben in radialer Richtung einfach auseinander weichen, und dass die Zwischenräume sich mit Wasser füllen, weil ja damit die Elastizitätsgrenze weit überschritten und die Cohaesion in dieser Richtung ganz aufgehoben würde. Wenn aber eine Verschiebung der Micelle aus der tangentialen in die radiale Anordnung möglich ist, warum kann nicht auch das Umgekehrte stattfinden, da doch annähernd die nämlichen Molekularkräfte überwunden werden müssten; warum bilden sich radiale Risse, statt dass eine Verschiebung aus der radialen in die tangentiale Anordnung eintritt?

Nach meiner Ansicht entstehen, wenn man einseitigen Druck auf die Stärkekörner einwirken lässt, sowohl tangentiale als radiale Risse. Daraus lässt sich sohin kein Schluss auf ungleiche Cohaesion und Dehnbarkeit in verschiedenen Richtungen ziehen. Aus anderweitigen Gründen müssen wir die Cohaesion des ganzen Korns in radialer Richtung für geringer halten als diejenige in den tangentialen Richtungen (wegen der abwechselnden dichten und weichen Schichten), die Cohaesion der einzelnen Schichten aber, wenigstens der dichten Schichten, in radialer Richtung für grösser als diejenige in den tangentialen Richtungen, weil in jener weniger Wasser zwischen die Micelle eingelagert ist als in diesen.

Man könnte auch anzunehmen geneigt sein, dass bei der Einwirkung von Druck auf die Stärkekörner in den

weichen Schichten sich keine Risse bilden, sondern dass ihre Substanz dehnbar sei und wie eine halbflüssige Masse dem Drucke folge. Diese Annahme würde in den Vorstellungen, die sich uns bezüglich der Eigenschaften der dichten Schichten aus den Thatsachen ergeben, nichts ändern; für sie darf eine bemerkbare Dehnbarkeit in irgend einer Richtung nicht vorausgesetzt werden. Aus verschiedenen Gründen ist es mir aber viel wahrscheinlicher, dass die weichen Schichten nicht eine halbflüssige und schleimige, sondern eine gallertartigbrüchige Consistenz besitzen.

Eine andere Behauptung des Verfassers, die ich ebenfalls nicht als richtig anerkennen kann, betrifft die Entstehung der weichen Partieen des Stärkekorns durch mechanische Aktion. Die Behauptung ist aus zwei wesentlichen Missverständnissen entsprungen, von denen das eine die Quellung, das andere die Wirkung des Zuges betrifft. Um das erstere Missverständniss aufzuklären, muss ich zunächst an das Verhalten der Stärkesubstanz, wie ich es schon in meiner ersten Abhandlung auseinander gesetzt habe, erinnern.

Die Stärkekörner sind in der Pflanze mit Wasser durchdrungen; sie verlieren dasselbe zum grossen Theil beim Austrocknen an der Luft, und nehmen es beim Wiederbefeuchten wieder auf: sie imbibiren sich, wie der technische Ausdruck lautet. Lässt man auf die Stärkekörner erhöhte Temperatur oder gewisse chemische Mittel oder bestimmte mechanische Eingriffe einwirken, so nehmen sie mehr Flüssigkeit auf, als sie im imbibirten Zustande enthalten; sie quellen auf und verwandeln sich in Kleister. Beide Vorgänge sind wesentlich verschieden, obwohl sie häufig unrichtiger Weise als Quellung zusammengeworfen werden. Die Imbibition oder Durchdringung, die man auch als natürliche Quellung bezeichnen könnte,

lässt die Organisation des Stärkekorns in der unveränderten Beschaffenheit, die es in der Pflanze besitzt. Bei der künstlichen Quellung oder Verkleisterung findet eine Veränderung der ursprünglichen Organisation, eine Desorganisation statt, welche nach der Micellartheorie in einem Zerfallen der grösseren Micelle in kleinere besteht. Ich habe bisher die beiden Vorgänge gewöhnlich als Imbibition und Aufquellung unterschieden.

Der Verfasser betrachtet die natürliche und die künstliche Quellung als den nämlichen Vorgang; dagegen scheint er zwischen der (natürlichen und künstlichen) Quellung einerseits und der Verkleisterung anderseits einen Unterschied zu machen. Denn er sagt, Nägeli und Schwendener hätten das Aufquellen der Stärkekörner durch mechanische Eingriffe beobachtet (Mikroskop 2. Aufl. S. 433); nach W. Nägeli sei dieses Aufquellen als ein geringer Grad der Verkleisterung anzusehen. — Letzterer hatte die Erscheinung untersucht und ihr diesen Namen gegeben; sie gieng dann unter der synonymen Benennung Aufquellen in das „Mikroskop" über. Denn worin eine Verschiedenheit zwischen künstlicher Quellung und Verkleisterung bestehen sollte als allenfalls im Grad, indem letztere meistens höhere Grade der Aufquellung darstellt, weiss ich in der That nicht.

Beim Wachsthum des Stärkekorns kommt, wovon später die Rede sein wird, ein Zug zu Stande, der sein Volumen auszudehnen bestrebt ist, und in den kleinen kugeligen Körnern am stärksten auf das Centrum, in den dichten Schichten grösserer Körner am stärksten auf die Mitte jeder Schicht wirkt. Nach dem Verfasser soll diese mechanische Aktion der Zerrung das Aufquellen der dichten Substanz zu einer weichen Masse verursachen. Dabei sagt er mit gesperrter Schrift, es könne der Zug nicht „die Bildung von parallel den Schichten verlaufenden Spalten, wie Nägeli es annimmt", bewirken. Mit diesen Worten ist

meine Theorie so ungenau als möglich wiedergegeben, und der Leser, dem meine Darstellung unbekannt ist, würde eine ganz verkehrte Meinung davon bekommen. Ich brauchte wohl den Ausdruck „spaltenförmige weiche Schicht" und „mit weicher Substanz gefüllte Spalte" als Bild, gab aber deutlich an, wie ich mir deren Entstehung vorstelle, nämlich als eine allmähliche Einlagerung neuer kleiner mit Wasser umhüllter Micelle an den Stellen der grössten negativen Spannung. Dies ist doch etwas ganz Anderes als das Zerreissen der Substanz, als die Spalten- und Rissebildung im gewöhnlichen Sinne des Wortes; es ist zugleich die gelindeste Reaction auf einen sich successiv steigernden Zug, während der Verfasser eine viel heftigere Wirkung desselben, nämlich die Desorganisation der Substanz, welche in einer Zerreissung der Micelle besteht, annimmt.

Kern und weiche Schichten der Stärkekörner bestehen nach der Meinung des Verfassers aus künstlich aufgequollener, gleichsam verschleimter Masse, oder mit andern Worten aus einem dünnen Kleister. Nach meiner Darstellung dagegen stimmt die Substanz des Kerns und der weichen Schichten mit der kleisterartig aufgequollenen (ursprünglich dichten) Stärkesubstanz nur im Wassergehalt überein; beide sind aber darin wesentlich verschieden, dass in der ersteren die auf natürlichem Wege entstandenen Micelle eine bestimmte regelmässige Anordnung zeigen, indess in der zweiten die Bruchstücke grösserer Micelle unregelmässig durcheinander liegen.

Dies ist zwar noch bloss ein theoretischer Unterschied, der sich aus den Ursachen, die nach der Micellartheorie wirksam werden, ergiebt; derselbe lässt sich aber auch durch Beobachtung nachweisen. Dass beim künstlichen Aufquellen die Micelle in Unordnung gerathen, ergiebt sich aus dem Umstande, dass ein durch Hitze oder Kalilösung etwas kleisterartig gequollenes, aber noch ziem-

lich dichtes Stärkekorn die doppelbrechenden Eigenschaften verloren hat. Besonders wichtig ist ferner das Verhalten der Stärkesubstanz zu einigen Farbstoffen, welches einerseits das Nämliche beweist, anderseits auch wahrscheinlich macht, dass die weichen Schichten nicht aus künstlich aufgequollener Masse bestehen.

Dieses Verhalten war von W. Nägeli (Beiträge zur näheren Kenntniss der Stärkegruppe) beobachtet worden; derselbe fand, dass ganze Stärkekörner und der unveränderte Theil von zerschnittenen oder durch Druck zerrissenen Körnern von Lakmus, Anilinroth, Alizarin und dem Farbstoff des Campecheholzes nicht gefärbt werden, während Stärkekleister und die durch die mechanische Action aufgequollene Partie der zerschnittenen und zerrissenen Körner sich färben. Die Resistenz gegen die Farbstoffeinlagerung, welche der unveränderten Stärkesubstanz zukommt, muss also in der natürlichen Anordnung der Micelle begründet sein. Und da die Färbung bei solchen Versuchen sich niemals über die aufgequollene Substanz hinaus in die weichen Schichten hinein fortsetzt, so schliesse ich daraus, dass die letzteren nicht, wie der Verfasser annimmt, aus einer durch mechanische Aktion aufgequollenen und desorganisirten Substanz bestehen können.

Da übrigens das Verhalten der Farbstoffe von dem Verfasser noch für eine anderweitige Theorie, die mir unhaltbar scheint, benutzt wird, so habe ich dasselbe einer erneuerten Untersuchung unterworfen. Aus den Beobachtungen von W. Nägeli geht nämlich bloss hervor, dass die natürliche (unveränderte) Stärkesubstanz durch die genannten Farbstoffe sich nicht färbt, was unter Anderem auch so ausgedrückt wird, dass die letzteren nicht eindringen. Der Verfasser hat nun dieses „Eindringen" in allzu wörtlichem Sinne aufgefasst, obgleich die ganze Beschreibung zeigt, dass es sich nur um die Beobachtung von

Färbung, also von Aufspeicherung des Farbstoffes handelte. Es wäre ja möglich, dass die Farbstoffe mit dem Wasser wohl in geringer Menge eindrängen, aber nicht eingelagert würden. Mit dem Umstande, dass die Stärkekörner im Gegensatze zu den Zellmembranen und den Proteinkrystalloiden „für Lösungen organischer Farbstoffe ganz undurchdringlich sind", will der Verfasser später die Annahme rechtfertigen, dass die Stärkekörner auch für die gelöste Verbindung, aus welcher ihre Substanz sich aufbaut, nicht durchdringlich seien.

Die neuen Untersuchungen über das Färben der Stärkekörner wurden bloss mit den käuflichen Anilinfarbstoffen angestellt. Dieselben ergaben zunächst eine fast verwirrende Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, welche indess nach verschiedenen Abänderungen der Versuche eine bestimmte Gesetzmässigkeit erkennen und in folgende allgemeine Thatsachen sich zusammenfassen lassen:

I. Anilinviolett, Anilinroth, Anilinbraun und Anilingelb, in Wasser gelöst, färben sowohl die natürlichen (unveränderten) als die aufgequollenen Stärkekörner intensiv.

II. Werden die durch Anilinviolett oder Anilinroth intensiv gefärbten Stärkekörner in mehr oder weniger verdünntes Glycerin allein oder auch in solches, das die nämliche Anilinfarbe gelöst enthält, gelegt, so entfärben sich die natürlichen Körner vollständig, indess die aufgequollenen Körner eine schwache Färbung behalten.

III. Bringt man farblose Stärke in mehr oder weniger verdünntes Glycerin, in welchem Anilinviolett oder Anilinroth gelöst ist, so bleiben die natürlichen Körner ungefärbt, während die aufgequollenen sich schwach färben.

IV. Anilinblau und Anilinschwarz, in Wasser gelöst, färben die natürlichen Stärkekörner gar nicht, indess die aufgequollenen Körner schwach gefärbt werden.

V. Wird die Lösung von Anilinblau in Wasser mit verdünnter Salzsäure oder Salpetersäure versetzt, so färben

sich darin sowohl die natürlichen als die aufgequollenen Stärkekörner intensiv.

Fragen wir uns nach den Ursachen dieser verschiedenen Erscheinungen, so ist zunächst zu entscheiden, ob in den Fällen mangelnder Färbung der gelöste Farbstoff nicht in die Stärkesubstanz eindringe, oder ob er in dieselbe eindringe, aber von ihr dem Lösungsmittel nicht entzogen und eingelagert werde. Ich halte es für ganz unzweifelhaft, dass Letzeres der Fall ist, dass also die gelösten Anilinfarbstoffe immer in die imbibirten Stärkekörner hineindiffundiren. Denn es ist doch nicht wahrscheinlich, dass von so nahe verwandten Verbindungen die einen vom Wasser hineingeführt werden, die anderen nicht (I, IV), dass die nämliche Verbindung mit Wasser hineingehe, mit Wasser und Glycerin aber nicht (I, III), oder dass sie mit angesäuertem Wasser eindringe, mit Wasser allein dagegen nicht (IV, V). Ferner ist wohl unbedingt anzunehmen, dass, wenn ein Lösungsmittel (wasserhaltiges Glycerin) einen Farbstoff aus dem Stärkekorn herausführt, das nämliche denselben auch hineinführen kann (II, III). Endlich kommt noch der wichtige Umstand in Betracht, dass unverholzte Zellmembranen sich oft analog verhalten wie die natürlichen Stärkekörner, dass sie sich nämlich mit Anilinviolett und Anilinroth färben, nicht aber mit Anilinblau. Letzteres dringt aber gleichwohl in diese Membranen ein, was deutlich durch den Umstand dargethan wird, dass dasselbe das Plasma und besonders den Zellkern in geschlossenen (unverletzten) Zellen färbt.

Wir müssen also annehmen, dass die Farbstoffe mit dem Lösungsmittel in geringer Menge in die Stärkesubstanz eindringen, und dass sie von dieser bald gar nicht, bald in geringer, bald in grösserer Menge eingelagert werden. Ob das Eine oder Andere geschehe, hängt offenbar von zwei Ursachen ab, 1) von der Verwandt-

schaft des Farbstoffes zur Stärke einerseits und zum Lösungsmittel anderseits, 2) von der besonderen Micellarconstitution der Stärkesubstanz und der dadurch bedingten dynamischen Wirkungen. Je nach der Beschaffenheit dieser Anziehungen bleiben die Farbstoffmoleküle entweder gelöst in der Imbibitionsflüssigkeit, oder sie werden derselben entzogen und an die Stärkemicelle angelagert; im letzteren Falle wird je nach der Stärke der Anziehung mehr oder weniger Farbstoff in der Substanz aufgespeichert.

Dass die verschiedenen Farbstoffe zur Stärke und zu den Lösungsmitteln eine ungleich grosse Verwandtschaft besitzen, ergiebt sich aus dem ungleichen Verhalten der Stärkekörner zu dem nämlichen Farbstoff in verschiedenen Lösungsmitteln und dessgleichen aus ihrem Verhalten zu verschiedenen Farbstoffen in dem nämlichen Lösungsmittel. Die Entfärbung intensiv gefärbter natürlicher Stärkekörner in Glycerin (II) und die Nichtfärbung natürlicher Stärkekörner in gefärbtem Glycerin (III) lässt sich nur dadurch erklären, dass der Farbstoff zu dem wasserhaltigen Glycerin eine grössere Verwandtschaft hat als zur unveränderten Stärkesubstanz, während die Färbung der Körner in einer wässrigen Farbstofflösung von gleicher Intensität (I) beweist, dass umgekehrt der Farbstoff zu dem reinen Wasser eine geringere Verwandtschaft besitzt als zur Stärke. Die Färbung der natürlichen Stärkekörner durch Anilinviolett und andere Anilinfarben (I) und die Nichtfärbung derselben durch Anilinblau und Anilinschwarz (IV) zeigen, dass jene Farbstoffe zur unveränderten Stärke eine grössere, diese dagegen eine geringere Verwandtschaft zeigen als zu Wasser.

Wenn von zwei gleich intensiven blauen Lösungen die eine die natürlichen Stärkekörner nicht färbt (IV), die andere, welche einen geringen Zusatz von Säure erhielt, eine sehr starke Färbung hervorbringt (V), so kann die

Verwandtschaft des Farbstoffs zum Lösungsmittel durch die Säure herabgesetzt worden sein, oder, was wahrscheinlicher ist, es kann sich, da die meisten Anilinfarbstoffe salzartige Verbindungen sind, ein anderes Salz gebildet haben. Ich bemerke hiezu, dass Zusatz von Säure zu einer Lösung von Anilinschwarz nicht die nämliche Wirkung hat, was aber dadurch erklärlich wird, dass der Farbstoff sich aus der angesäuerten Lösung niederschlägt.

Auf die Färbung der Stärkekörner durch Anilinfarben, resp. auf die Verwandtschaft dieser Farben zur Stärkesubstanz und zu dem wässrigen Lösungsmittel scheint ihre Constitution oder Verbindungsweise von grossem Einfluss zu sein. So muss das Anilinroth, welches vor mehreren Jahren von W. Nägeli angewendet wurde und die natürlichen Stärkekörner nicht färbte, ein anderes gewesen sein, als das jetzt von mir mit ganz anderem Erfolge angewendete Anilinroth. Ich habe die Frage über das Verhältniss zwischen der chemischen Zusammensetzung und der Wirkungsweise nicht weiter verfolgt, weil dies für die physiologische Frage, um die es sich handelt, gleichgültig ist. Zudem wäre bei der Ungewissheit über die Constitution vieler Anilinfarben die Lösung der chemischen Frage mit besonderen Schwierigkeiten verbunden.

Die zweite Ursache, welche neben der Verwandtschaft des Farbstoffes zum Lösungsmittel und zur Stärke die Färbung oder Nichtfärbung bedingt, beruht in der verschiedenen Micellarconstitution der Stärkesubstanz. Die natürlichen Stärkekörner färben sich nicht, während die aufgequollenen sich mehr und weniger intensiv färben, oder die ersteren nehmen eine schwächere Färbung an als die letzteren.[1]) —

1) Wird dagegen von den natürlichen Stärkekörnern sehr viel Farbstoff eingelagert, so erscheinen die stärker aufgequollenen heller gefärbt, was von der beträchtlichen Verdünnung der Substanz durch das reichlich aufgenommene Wasser herrührt.

Die unveränderte Särkesubstanz äussert also eine gewisse Resistenz gegen die Einlagerung von Farbstoffen, was man geneigt sein möchte so zu erklären, dass die natürliche regelmässige Anordnung der Micelle, wie sie sich beim Wachsthum bilde, den stärksten Molekularanziehungen entspreche, während in der durch Aufquellen desorganisirten Substanz, in welcher die Micelle ungeordnet durch einander liegen, Kraft und Raum für die Einordnung fremder Moleküle frei geworden sei.

Indessen lässt sich über die Ursachen, welche die Färbung oder Nichtfärbung bedingen, nichts Bestimmtes aussagen, so lange man das Verhalten der übrigen micellösen Substanzen in dieser Beziehung nicht genau kennt. Ich will bloss über das Verhalten der Membranen verschiedener Süsswasseralgen (Spirogyra, Zygnema, Cladophora) vorläufig eine kurze Mittheilung machen, weil dasselbe eine Analogie zu den Stärkekörnern mit einer sehr merkwürdigen Erweiterung oder Vervollständigung darbietet. An diesen Membranen lassen sich nämlich, nicht zwei wie bei den Stärkekörnern, sondern drei verschiedene Zustände der micellaren Constitution nachweisen, die ich als den lebenden, den natürlich todten und den aufgequollenen Zustand bezeichnen will.

I. Der lebende Zustand der Membran ist immer dann gegeben, wenn der lebende Inhalt derselben dicht anliegt. In diesem Zustande färbt sich die Membran durch Anilinfarben schwächer oder stärker, indess der Inhalt noch nichts von denselben aufnimmt.

II. Der natürlich todte Zustand der Membran tritt dann ein, wenn der lebende Inhalt sich von derselben lostrennt, oder wenn er ihr anliegend abstirbt. In diesem Zustande lagert die Membran keinen Farbstoff ein, indess dagegen der Inhalt sich färbt; und wenn sie im lebenden

Zustande gefärbt war, so wird sie beim Uebergang in den todten farblos.

III. Der aufgequollene Zustand entsteht durch die Einwirkung von Alkalien oder Säuren, durch längeres Kochen in Wasser und durch hinreichend langes Liegen in kaltem Wasser. In diesem Zustande färben sich die Membranen wieder.

Ich führe, statt anderer Thatsachen, nur zwei charakteristische Vorgänge an, die man, einmal orientirt, leicht erhalten kann. Wenn lebende Algenfäden in Farbstofflösung gelegt und darin liegen gelassen werden, so färbt sich zuerst die Membran allein (I); nach einiger Zeit ist die Membran farblos und der Inhalt gefärbt (II); noch später findet man Membran und Inhalt gefärbt (III). I, II und III entsprechen den vorhin unterschiedenen Zuständen. — Legt man Algenfäden in gefärbte Glycerin- oder Zuckerlösung, so nimmt abermals zuerst die Membran allein Farbstoff auf (I). Nachher zieht sich der Plasmaschlauch von der Membran zurück, welche den Farbstoff wieder verliert (II); der Raum zwischen der farblosen Membran und dem noch farblosen Inhalt ist mit gefärbter Flüssigkeit gefüllt; bald wird aber auch der Inhalt gefärbt.

Offenbar entspricht der natürlich todte Zustand der genannten Membranen dem Zustande der Stärkekörner, den ich als natürlichen bezeichnet habe. Ob die Stärkekörner, wie die Membranen, eine davon verschiedene lebende Micellarconstitution besitzen, bei welcher sie Farbstoff einlagern würden, lässt sich nicht entscheiden, da, sobald der Farbstoff bei den in den Zellen befindlichen Stärkekörnern anlangt, der Inhalt schon gefärbt und todt ist und somit auch die von demselben umgebenen Stärkekörner in den natürlich todten Zustand übergegangen sein müssen.

Nach dieser Abschweifung über das Verhalten der Stärkekörner zu den gelösten Farbstoffen, welche noth-

wendig war, um einige irrthümliche Annahmen bezüglich des Wachsthums zu berichtigen, kehre ich zu der Entstehung der weichen Partieen des Stärkekorns durch mechanische Aktion zurück. Nachdem ich gezeigt habe, dass diese weichen Partieen nicht als eine durch Aufquellen desorganisirte, kleisterartige Substanz wie sie sonst durch Druck entsteht, angesehen werden dürfen, will ich noch das andere Missverständniss, welches die Wirkung des Zuges betrifft, besprechen und zeigen, dass der Zug, wie er beim Wachsthum der Stärkekörner eintritt, eine solche Desorganisation überhaupt nicht verursachen kann. Dies ergiebt sich deutlich aus der Vergleichung der Umstände, unter welchen Aufquellung und Desorganisation erfolgt, mit denen, unter welchen diese Erscheinung ausbleibt.

Einfacher Zug bringt nach den bis jetzt bekannten Erfahrungen nur Zerreissen, ohne Veränderung der Substanz hervor. Bloss die gequetschte Substanz quillt auf und wird desorganisirt. Das Aufquellen tritt also ein beim Zerdrücken und Zerschneiden der Stärkekörner, und beschränkt sich, wenn mit einem sehr scharfen Messer geschnitten wird, auf eine ziemlich dünne Lage an der Schnittfläche. Spannungen in der Substanz der Stärkekörner, welche die Elastizitätsgrenze überschreiten, bewirken nur ein Zerreissen, nicht ein Aufquellen. So sind in den ausgetrockneten und wieder benetzten Körnern nur Risse in der sonst unveränderten Substanz sichtbar. Bei der langsamen Einwirkung künstlicher Quellungsmittel (Hitze, verdünnte Kalilauge u. s. w.) treten zunächst, nach Massgabe der durch ungleiches Aufquellen verursachten Spannungen, Risse, nicht etwa vermehrte oder locale Desorganisationen auf, und später erfolgt die Desorganisation auf jedem einzelnen Punkt nur nach Massgabe der dort stattgehabten Wirkung der desorganisirenden Mittel. Wenn also

den negativen Spannungen, die in Folge des Wachsthumsprocesses im Innern des Stärkekorns entstehen, nicht durch Einlagerungen von Substanz (nach der Intussusceptionstheorie), sondern durch Einlagerung von Wasser (wie der Verfasser annimmt) ein Genüge geleistet würde, so könnten nicht ein weicher Kern und weiche Schichten sich bilden, sondern es müsste das Innere des Stärkekorns durch Risse zerklüftet werden.

Ich komme nun zu den Ursachen, welche die mechanische Aktion bewirken sollen. Was meine Theorie des Wachsthums betrifft, so hatte ich das Vorhandensein von bestimmten Spannungen im Stärkekorn nachgewiesen und als Folge des nothwendig ungleichen Wachsthums durch Intussusception erklärt, indem ich zeigte, dass in Folge dessen jede Micellarschicht in Bezug auf die nächst innere positiv, in Bezug auf die nächst äussere negativ gespannt sein muss. Der Verfasser eignet sich diese Theorie vollständig an; da er aber das Intussusceptionswachsthum verwirft, so ist es seine Aufgabe zu zeigen, dass die nämlichen Spannungen einfach durch Wassereinlagerung entstehen können. Der versuchte Beweis lautet kurzgefasst: Da die Einlagerung von Wasser parallel der Schichtung viel grösser als senkrecht dazu sei, so müssten dadurch natürlich jene Spannungen verursacht werden. Sowohl der Vordersatz als der Nachsatz dieses Schlusses bedürfen, in der Deutung, die ihnen der Verfasser giebt, einer Richtigstellung.

Was den Vordersatz betrifft, dass „die Einlagerung von Wasser parallel der Schichtung viel grösser sei als senkrecht dazu", so beruft er sich darauf, dass ich dies nachgewiesen hätte. Zu diesem Ende führt er aber nur diejenigen meiner Beobachtungen an, welche seiner Meinung günstig scheinen, und überdem gebraucht er das Wort

Wassereinlagerung doppelsinnig, einmal als Gesammtmenge des eingelagerten Wassers und dann als Menge des während eines bestimmten Vorganges aufgenommenen Wassers. So kommt er zu einem Ergebniss, welches mit dem Sachverhalte und mit meiner Darstellung nicht übereinstimmt. Ich muss daher das thatsächlich Richtige bezüglich der Wassereinlagerung wieder feststellen.

Das Stärkekorn ist in jedem Stadium seines Wachsthums ein von wässriger Flüssigkeit umgebenes, mit Wasser durchdrungenes materielles System, dessen Spannungen sich im Gleichgewicht befinden. Wenn das Stärkekorn austrocknet, so bilden sich Risse, ein Beweis, dass das Gleichgewicht bei diesem Vorgange gestört wurde; und die Risse haben einen radialen, die Schichten rechtwinklig durchbrechenden Verlauf, ein Beweis, dass in den tangentialen Richtungen mehr Wasser verloren wurde als in radialer, somit dass die Gesammtmenge des in jenen Richtungen eingelagerten Wassers grösser war. Wirken künstliche Quellungsmittel langsam auf das natürlich imbibirte Stärkekorn ein, so vergrössert es sein Volumen, indem sich wieder radiale Risse bilden, ein Beweis, dass während dieses Vorganges in radialer Richtung mehr Wasser eingelagert wird als in den tangentialen.

Von diesen beiden Thatsachen, die ich angeführt hatte und die beide ganz allgemeine und regelmässig eintretende Erscheinungen sind, zeigt die erstere eine vermehrte Wassereinlagerung in der Richtung, wie sie der Verfasser angiebt, die zweite, die er hier aber unerwähnt lässt, eine vermehrte Wassereinlagerung in entgegengesetzter Richtung. Dagegen spricht der Verfasser weitläufiger von einer Erscheinung künstlicher Quellung, die bei Stärkekörnern mit sehr starker Excentrizität des Kerns in spätern Stadien der Einwirkung eintritt und die ich ebenfalls angeführt hatte.

Diese Erscheinung zeigt eine grössere Zunahme in den tangentialen Richtungen als in der radialen.

An einer solchen Behandlungsweise ist einmal unstatthaft, dass eine allgemein vorkommende Erscheinung, welche der Theorie widerspricht, einfach ignorirt wird; ferner dass, was ich bereits in anderer Beziehung beanstandet habe, die natürliche und die künstliche Quellung zusammengeworfen werden.

Ich habe in meiner Stärkeabhandlung die verschiedenen Erscheinungen des Austrocknens und des künstlichen Aufquellens beschrieben und daraus die Schlüsse, die sich für die Wassereinlagerung ergeben, gezogen. Dabei legte ich auf die Modificationen der künstlichen Quellung weniger Gewicht, weil die letztere nach meiner Ansicht mit der Mechanik des Wachsthums nicht in Beziehung gebracht werden kann. Bemerkenswerth an der künstlichen Quellung ist nur der Umstand, dass im Anfange stets eine stärkere Wassereinlagerung in radialer Richtung stattfindet. Dies beweist nach meiner Theorie der künstlichen Quellung, dass die ursprünglichen Micelle, die in radialer Richtung verlängert sind, je in mehrere radial hinter einander liegende Micelle zerfallen. Warum in späteren Stadien bei sehr excentrischen Körnern das Aufquellen in der Breite stärker ist, als in radialer Richtung, habe ich früher nicht untersucht, und will es auch jetzt nicht entscheiden. Es wären hiezu besondere, für diesen Zweck angestellte Beobachtungen erforderlich. So viel ist aber sicher, dass nur die ersten Stadien der künstlichen Aufquellung Aufschluss über Gestalt und Lagerung der Micelle und demnach auch über die Einordnung der Wassermoleküle geben, und dass in den späteren Stadien mit zunehmender Desorganisation Verschiebungen der Micelle (Micellstücke) eintreten. Wir können also für diese späteren Stadien bloss angeben, wie die Dimensionen in einzelnen Theilen des Korns oder in

einzelnen Schichten zunehmen, aber wir dürfen daraus nicht etwa auf Wassereinlagerung in bestimmten Richtungen schliessen.

Aus der Wassereinlagerung folgert der Verfasser das Vorhandensein von Spannungen, indem er mit gesperrter Schrift sagt: „Die Bevorzugung der tangentialen Richtungen gegenüber der radialen in Bezug auf Wassereinlagerung verursacht natürlich Spannungen", denen dann der früher angegebene Charakter zugeschrieben wird. Hiezu ist aber zu bemerken, einmal, dass, wie wir soeben gesehen haben, bei strenger und vollständiger Beurtheilung der Beobachtungen die Wassereinlagerung je nach den Umständen eine entgegengesetzte Beschaffenheit zeigt, indem in den natürlich imbibirten Stärkekörnern in radialer Richtung weniger Wasser eingelagert ist als in den tangentialen Richtungen, beim künstlichen Aufquellen dagegen, so lange eine sichere Beurtheilung möglich ist, in der ersten Richtung mehr Flüssigkeit eingelagert wird als in den letzteren. Da nun der Verfasser ein vorzügliches Gewicht auf die Erscheinungen des künstlichen Aufquellens legt, so hätte er mit gleicher Berechtigung die entgegengesetzten Spannungen von denen, die er dem Stärkekorn zuschreibt, annehmen können.

Ferner ist zu bemerken, dass aus der Wassereinlagerung an und für sich Nichts über Spannungen im natürlich imbibirten Stärkekorn geschlossen werden kann. Denn die Risse, die sich beim Eintrocknen der Stärkekörner, und diejenigen, die sich beim künstlichen Aufquellen derselben bilden, geben uns nur Kunde von den Spannungen, die während dieser Processe eintreten, und lassen uns ganz im Ungewissen, ob und welche Spannungen vorher bestanden haben. Wir können uns eine aus Körperchen (Micellen), die in concentrischen Schichten liegen, bestehende Kugel denken, die in jedem Punkte mehr Wasser in den tangentialen

Richtungen als in der radialen eingelagert enthält, und in der doch nicht die geringsten Spannungen vorhanden sind. Es lässt sich selbst eine solche Kugel ebenfalls mit vermehrter Wassereinlagerung in den tangentialen Richtungen denken, in welcher die Spannungen gerade umgekehrt, als es der Verfasser aus dieser Wassereinlagerung schliesst, sich verhalten, in welcher nämlich die äusseren Schichten der Kugel negativ, die inneren positiv gespannt sind.

Das Bestehen von Spannungen, und zwar in dem Sinne, wie es auch der Verfasser angenommen hat, habe ich aus dem Wachsthum durch Intussusception gefolgert, und ich habe es durch einige Erscheinungen in unzweifelhafter Weise bestätigt gefunden. Eine derselben, nämlich das Verhalten der Abschnitte von Stärkekörnern, an denen sich die Schnittfläche concav krümmt, wird von dem Verfasser erwähnt. Sie ist aber, weil dabei immer eine künstliche Quellung eintritt, nicht so unmittelbar einleuchtend, und sie erhält ihre volle Beweiskraft erst durch die andere Erscheinung, nämlich dass Stärkekörner, in denen beim Eintrocknen sich radiale Risse gebildet haben, diese Risse beim Wiederbefeuchten nicht verlieren, sondern vielmehr verstärken und erst jetzt deutlich zeigen. Diese Thatsache, bei welcher keine fremdartigen Ursachen mitwirken, beweist in aller Strenge, dass die Schichten des natürlich imbibirten Stärkekorns, — obgleich sie, wie die Risse zeigen, bereits mehr Wasser in den tangentialen Richtungen eingelagert enthalten, — doch das Bestreben haben, in diesen Richtungen im Gegensatz zur radialen noch mehr Wasser einzulagern und somit vorzugsweise in die Fläche zu wachsen, und dass dieses Bestreben in den äusseren Schichten grösser ist als in den inneren, dass sie somit gegenüber den letzteren sich in positiver Spannung befinden. Denn, wäre es nicht so, so müssten die Risse beim Wiederbefeuchten der trockenen Stärkekörner unsichtbar bleiben.

Diese Spannungen nun kommen durch Intussusceptions-Wachsthum nothwendig zu Stande. Dass sie durch Auflagerung zu Stande kommen können, hat der Verfasser nicht einmal zu zeigen versucht. Denn Alles, was er darüber und zwar nur beiläufig erwähnt, ist, dass in Folge ungleicher Wassereinlagerung Spannungen entstehen, dass in Folge der nämlichen Ursache die Spannungen immer zunehmen und dass „durch das Auflagern neuer Substanz natürlich die inneren Theile des Stärkekorns in ihrer Gesammtheit durch die äusseren immer mehr expandirt werden."

Giebt man sich von dem Vorgange der Auflagerung bei der Entstehung des Stärkekorns oder bei dem Wachsthum in irgend einem Stadium genaue Rechenschaft, so stellt sich unzweifelhaft heraus, dass dadurch in keinem Falle Spannungen entstehen können. Denken wir uns ein beliebiges in der Zellflüssigkeit oder im Plasma liegendes Stärkekorn. Dasselbe ist mit Wasser imbibirt; es hat davon aufgenommen, so viel es unter den bestehenden Verhältnissen aufnehmen kann; es verändert sich nicht weiter, wenn ferneres Wachsthum ausbleibt. Nun beginnt neue Auflagerung; in der das Korn unmittelbar umgebenden Lösung entstehen Stärketheilchen (Micelle), welche sofort mit so viel Wasser sich umhüllen, als es ihren anziehenden Molekularkräften entspricht. Mit diesen Wasserhüllen legen sie sich an die Oberfläche des Stärkekorns an, und zwar in der Anordnung und mit den Abständen, welche der Gleichgewichtszustand der beiden Anziehungen zwischen Stärke und Stärke und zwischen Stärke und Wasser verlangt. Damit sind alle Spannungen, die der ganzen Schicht zukommen könnten, ausgeschlossen; für ihre Entstehung liegt ebensowenig Grund vor als bei dem durch Auflagerung wachsenden Krystall. Auch die aus wasserbenetzten Micellen bestehenden, durch Apposition sich vergrössernden

Krystalloide ermangeln der eigenthümlichen Schichtenspannungen, die den Stärkekörnern zukommen.

Wollte man aber den Stärkekörnern keinen micellösen Bau zugestehen, sondern ihnen irgend eine andere, noch unbekannte und nicht zu bestimmende Beschaffenheit beilegen (ich halte dies für logisch unmöglich), so würde damit Nichts geändert bezüglich der eintretenden Spannungen. Es müsste immerhin die neu aufzulagernde Schicht in einer Flüssigkeit sich bilden, und sie müsste schon im Stadium der Entstehung ihr Wasserbedürfniss befriedigen. Es ist ohne Veränderung der Substanz, also ohne Intussusception unmöglich, dass das Bedürfniss nach Wasser nachträglich ein anderes werde, und dass somit Spannungen entstehen.

Die Theorie des Verfassers setzt etwas Unmögliches voraus, nämlich, dass sich zunächst eine trockene oder sehr wasserarme Stärkeschicht auflagere und erst nachher, ihrem Bedürfniss entsprechend, mit Wasser imbibire. Aber auch bei dieser für die Molekularphysiologie unmotivirbaren Annahme wäre der Erfolg doch nicht der gewünschte. Es lagere sich auf ein Stärkekorn eine Schicht von Micellen („Molekülen" des Verfassers) auf, welche das Bestreben hat, mehr Wasser aufzunehmen. Was wird die Folge sein? Die in der neuen Schicht entstehenden Spannungen suchen einerseits die umschlossene Substanz auszudehnen, anderseits die eigenen Theilchen, die auf einander drücken, zu verschieben. Von diesen beiden Wirkungen würde die eine oder andere gleich sehr den Spannungen genügen, und es muss nothwendig diejenige eintreten, welche die geringsten Widerstände zu überwinden hat. Nun unterliegt es gewiss keinem Zweifel, dass bei einer solchen Sachlage einzelne Theilchen der neuen Schicht nach aussen, wo kein Widerstand zu überwinden ist, geschoben werden und den Anfang einer neuen Schicht bilden, und dass nicht etwa eine Legion innerer Theilchen in Bewegung gesetzt und stellen-

weise über die Elastizitätsgrenze hinaus auseinander gezerrt wird.

Diese Wirkung hätte der Verfasser um so eher annehmen müssen, als nach seiner Behauptung die Stärketheilchen nach innen und aussen mit sehr starker, seitlich mit sehr schwacher Anziehung auf einander wirken. Die Theilchen der neuen äussersten Schicht würden also von ihren eigenen Kräften nicht in der Schicht zurückgehalten, und sie würden bloss ihren Neigungen gehorchen, wenn sie, statt neben einander, sich hinter einander anlagerten. Diese Erwägung gilt selbstverständlich nicht für die Theorie der Intussusception, bei welcher die äusserste Schicht schon ein festes Gefüge zeigt und überdem eine viel bescheidenere Rolle spielt. Während nach der Auflagerungstheorie die neue äusserste Micellarschicht allein das bisherige Gleichgewicht stört, wachsen nach der Einlagerungstheorie gleichzeitig alle Micellarschichten und jede hat ihren Theil an den Ursachen, welche das Gleichgewicht stören.

Aus den bisherigen Betrachtungen ergiebt sich, *dass die in dem Stärkekorn vorhandenen Spannungen bloss durch Intussusception zu Stande kommen können, und dass diese Spannungen die Ausscheidung des weichen Kerns und der weichen Schichten nur unter der Bedingung hervor zu bringen vermögen, dass gleichzeitig Intussusception thätig ist.* Damit ist die Hauptfrage bezüglich des Wachsthums der Stärkekörner entschieden. Ich habe mich auf den mechanisch-physiologischen Theil der Frage beschränkt und von den Beobachtungsthatsachen nur das unbestreitbare und auch unbestrittene nachträgliche Auftreten der weichen Partieen im Inneren des Stärkekorns berücksichtigt. Damit will ich nicht sagen, dass nicht auch andere, der direkten Wahrnehmung zu-

gängliche Erscheinungen ins Gewicht fallen; aber ihre Beurtheilung liegt nicht so offenkundig da, und es lässt sich bezüglich derselben nicht so leicht der Irrthum nachweisen.

Unter den Beobachtungsthatsachen befindet sich jedoch eine, welche der Verfasser, der sich rühmt, alle von mir für die Intussusception vorgebrachten Gründe widerlegt zu haben, wie es scheint, übersehen hat, und welche aus der Appositionstheorie nicht erklärt werden könnte. Wie sich aus Quellungs- und Auflösungserscheinungen leicht nachweisen lässt, hat eine dünne Rinde der Stärkekörner eine andere Beschaffenheit als die ganze innere Masse; sie färbt sich durch Jod gar nicht, wenn sie hinreichend dünn, und schwach roth-violett, wenn sie etwas dicker erhalten wird, während die eingeschlossene Substanz ohne Ausnahme intensiv blau wird; sie widersteht auch gewissen Lösungsmitteln (Säuren), indess die ganze innere Masse sich löst. Da grosse und kleine Stärkekörner diese Hülle oder Membran besitzen, so ist der Schluss auf das Wachsthum durch Intussusception einleuchtend.

Ich werde auf die übrigen Theile der Schimper'schen Auseinandersetzungen, soweit sie das Wachsthum betreffen, nicht weiter eintreten. Nachdem das Wachsthum durch Intussusception an dem Hauptobject dargethan ist, erachte ich es für überflüssig nachzuweisen, dass auch andere Ausstellungen, die an meiner Theorie gemacht, vermeintliche Irrthümer und Inconsequenzen, die mir nachgewiesen werden, in Wirklichkeit nicht mir zur Last fallen. Ich glaube in dem bisherigen gezeigt zu haben, dass ich nicht leichthin ungegründete Meinungen auszusprechen pflege, und der Verfasser dürfte an der Wachsthumstheorie der Stärkekörner die Erfahrung gemacht haben, dass physiologische Gesetze nicht mit so geringer Mühe festgestellt werden wie etwa eine mikroskopische Beobachtungsthatsache. Die Besprechung der Entwickelungsgeschichte von ganz- und halb-

zusammengesetzten Körnern kann um so eher unterbleiben, als der Verfasser selbst zugiebt, dass, wenn das Wachsthum durch Intussusception begründet sei, „eine andere Erklärung (als die meinige) ganz unmöglich wäre". Doch halte ich es für zweckmässig, noch einige Bemerkungen über die neuen Schimper'schen Beobachtungen, die ich als einen wesentlichen Fortschritt begrüsse, beizufügen.

Eine erste Bemerkung betrifft die (ganz) zusammengesetzten Stärkekörner. Ich zeigte früher, dass dieselben auf zweierlei Art entstehen können, 1) durch Verwachsung einfacher Körner und 2) durch Theilung eines ursprünglich einfachen Korns; ich nannte die ersteren unächte, die letzteren ächte zusammengesetzte Stärkekörner. Diese Verschiedenheit bleibt bestehen; denn wie aus verschiedenen Gründen und namentlich aus den gleitenden Uebergängen zwischen ganz- und halb-zusammengesetzten Körnern, von denen die letzteren bloss aus einfachen hervorgehen können, erhellt, giebt es unzweifelhaft ächte (aus einem einfachen Korn entstandene) zusammengesetzte Körner. Unächte zusammengesetzte Körner habe ich nur dann angenommen, wenn die Verwachsung aus getrennten einfachen Körnern sich direkt nachweisen liess. Nach den Beobachtungen Schimper's mögen diese Stärkekörner eine viel grössere Verbreitung haben, als ich bis jetzt glaubte. Immerhin bleibt es misslich sich zu entscheiden, wenn die Beobachtung weder die ursprünglich getrennten einfachen Körner noch das eine noch ungetheilte Korn nachzuweisen vermag, und beide Entstehungsarten sich als möglich darbieten; und es wäre sehr wünschbar, wenn sich ein unterscheidendes Merkmal an den fertigen ächten und unächten zusammengesetzten Körnern auffinden liesse.

Ein besonderes Interesse erregen die sog. Stärkebildner Schimper's, in deren Innerem oder an deren Oberfläche die Stärkekörner entstehen. Ueber die physiologische

Function, welche dieselben bei der Bildung der Körner ausüben, lässt sich aber noch keine sichere Vermuthung aussprechen. Die Beobachtung hat bis jetzt keine andere leitende Thatsache ergeben als die, dass bei excentrischen Stärkekörnern der Stärkebildner auf der hinteren (dem Schichtencentrum abgekehrten) Seite des Korns aufsitzt, während seine Substanz die centrisch gebauten Stärkekörner ringsum einhüllt. Sollte sich dies auch als allgemeines Gesetz bestätigen, so würde daraus doch nicht, wie der Verfasser meint, folgen, dass der Stärkebildner der Ernährer sei, welcher das Material für den Aufbau der Stärkekörner liefere. Eine solche Function kommt mir sogar als sehr unwahrscheinlich vor und zwar aus folgenden Gründen.

Es ist sicher, dass das Stärkekorn durch eine gelöste Verbindung ernährt wird, da nur eine solche einzudringen vermag. Diese Verbindung kann nichts Anderes sein als Glycose (Traubenzucker) oder auch Diglycose (Maltose), da das Stärkemolekül ein durch Polymerisation entstandenes Derivat der Glycose ist.[1]) Lässt sich nun wohl annehmen, dass die Glycose, die von den Blättern in die Wurzeln oder

---

1) Ich hegte früher die Vermuthung, dass die lösliche Verbindung, welche die Stärkekörner ernährt, Dextrin sein könnte. Seitdem ich die Ueberzeugung gewonnen hatte, dass Dextrin eine micellare, nicht eine molekulare Lösung bildet, so konnte nur der molekular-lösliche Zucker als Nährsubstanz angesehen werden. Ich weiss nicht, aus welchem Grunde Autoren, welche die Intussusception angenommen haben, gleichwohl die Stärke als primäres Assimilationsprodukt erklären.

Es versteht sich, dass die Stärke in allen Fällen zunächst aus Glycose entsteht, auch wenn sie in einer Unterlage von Hypochlorin auftritt, welches überhaupt kaum als ein Uebergangsglied in dem Bildungsprozess der Stärke anzunehmen ist; denn es ist nicht wahrscheinlich, dass an dem nämlichen Ort und zur nämlichen Zeit eine weit gehende Reduction von Kohlensäure und Wasser zu einer sauerstoffarmen Verbindung und eine Oxydation der letzteren zu einem Kohlenhydrat stattfinde.

in die Samen geführt wird, hier sich zunächst in dem Stärkebildner, der gleichsam als Condensator wirken würde, ansammle, um von demselben an die Stärkekörner abgegeben zu werden? Und wie sollte die Ernährung geschehen, — sollte die Zuckerlösung bloss an der oft winzigen Stelle, wo das Stärkekorn von dem Stärkebildner berührt wird, eindringen? was nicht anzunehmen ist, da die ganze Mechanik des Wachsthums dadurch eine andere würde, als sie wirklich ist. Oder sollte die Zuckerlösung, nachdem sich dieselbe in dem Stärkebildner aus der ganzen Umgebung concentrirt hat, von dem einen Punkte aus sich wieder in die Umgebung verlieren und über das ganze Korn ausbreiten, um an der ganzen Oberfläche desselben eindringen zu können? was nach den Gesetzen der Diffusion ebenso wenig annehmbar erscheint.

Der Verfasser hält eine solche Ausbreitung der Nährlösung über das Stärkekorn durch Capillarität für möglich. „Wenn ein Stärkekorn in einer beliebigen gallertartigen Substanz liege, so werde durch die Capillarkraft rings um das Stärkekorn Wasser der Gallerte entzogen und zwischen beiden als dünne Schicht aufgesammelt" (!); diese Schicht komme nothwendig in Zusammenhang mit einer Schicht Mutterlauge, welche durch Capillarität zwischen dem Stärkekorn und dem Stärkebildner entstanden sei, und erhalte dadurch selber die Eigenschaften einer Mutterlauge, welche dem Stärkekorn einen mit der Entfernung vom Ernährungsorgane abnehmenden Zuwachs gestatte.

Hiezu will ich bloss bemerken, dass, da die Stärkekörner und die anliegenden Substanzen in der Zellflüssigkeit, in der sie sich gebildet haben, liegen und damit durchdrungen sind, doch keine Gelegenheit für Capillarwirkungen im Sinne der Physik gegeben ist. Denn es kommt ja nicht darauf an, die äusserlichen morphologischen Verhältnisse zu vergleichen, sondern die Ursachen derselben zu beurtheilen.

In dem vorliegenden Falle hängt es von den wirksamen Molekularkräften (nicht von imaginären Capillarkräften) ab, ob und wie viel Wasser sich zwischen dem Stärkekorn und der umgebenden Gallerte (Plasma) befinde. Diese Molekularkräfte sind die Anziehung von Substanz und Substanz und von Substanz und Wasser. Voraussichtlich wird zwischen einem Stärkemicell (dem äussersten des Stärkekorns) und einem Plasmamicell (dem nächsten des umhüllenden Plasmas) sich etwas (d. h. um wenige Molekularschichten) mehr Wasser befinden als zwischen zwei Stärkemicellen und nicht unwahrscheinlich etwas weniger als durchschnittlich zwischen zwei Plasmamicellen. Es muss also nothwendig das Stärkekorn und das anliegende Plasma eine continuirliche, aus Micellen bestehende Masse darstellen. Von einer besondern, das Korn umgebenden Flüssigkeitsschicht kann keine Rede sein, und die Ausbreitung einer gelösten Substanz, die sich an einem bestimmten Punkt seiner Oberfläche bildete, müsste nach den Gesetzen erfolgen, welche für die Diffusion durch micellöse Substanzen gelten. Hiebei ist noch zu berücksichtigen, dass nach den Zeichnungen des Verfassers der Stärkebildner zuweilen bloss den 10.—20. Theil des Umfanges des Stärkekorns und also auch keinen grösseren Theil seiner Oberfläche einnimmt, und dass somit von diesem beschränkten Raume aus die Nährflüssigkeit sich ausbreiten müsste.

Die Ernährung des Stärkekorns besteht aber nicht bloss in der A u f n a h m e von Glycose; es muss dieselbe im Innern desselben auch in Stärke u m g e w a n d e l t werden Dazu reicht der Einfluss der Stärkemicelle nicht aus; denn die aus den Zellen herausgenommenen Stärkekörner wachsen nicht in Zuckerlösung. Die Molekularkräfte des lebenden Plasmas müssen in irgend einer Weise mitwirken, um die Glycosemicelle zwischen den Stärkemicellen unter dem Einfluss der letzteren zu Stärke zu polymerisiren. Das Plasma,

welches das Stärkekorn umgiebt, übt dabei eine ähnliche Fernwirkung aus, wie das Plasma der Hefenzellen bei der Gährung. Möglicher Weise ist das Plasma des Stärkebildners für diese Function besonders befähigt, welche Vermuthung ich indess nur in Ermangelung einer besseren ausspreche. Sollte sie begründet sein, so liesse sich die Uebertragung der Kraft in verschiedener Weise denken; in keinem Falle aber könnte dadurch Gestalt und Bau des Stärkekorns in spezifischer Weise bedingt werden.

Die Function des „Stärkebildners" scheint mir also noch ziemlich problematisch zu sein. Dass das spezifische Wachsthum der Stärkekörner nicht durch ihn geregelt werde, wie es der Verfasser annimmt, schliesse ich aus der Beschreibung und den Abbildungen des Verfassers selber. Wäre es der Fall, so müsste zwischen der Gestalt des Stärkebildners und der Gestalt der Stärkekörner, inbegriffen den Bau derselben, eine bestimmte Beziehung bestehen. Es müsste die Gestalt des Korns eine andere sein, je nachdem sein Bildner klein und rundlich, oder grösser und scheibenförmig, oder stäbchenförmig ist. Man könnte selbst die Gestalt des Stärkekorns geometrisch construiren, die aus einem Stärkebildner von bestimmter Form unter der Voraussetzung entstände, dass das Wachsthum an der Anheftungsstelle am intensivsten sei und von da allmählich abnehme. Gehen wir umgekehrt von dem Stärkekorn aus, so würde dieses eine andere Gestalt seines Bildners erwarten lassen, je nachdem dasselbe cylindrisch ist, oder kegelförmig mit kreisförmigem Querschnitt und mit dem Kern im dicken Ende, oder kegelförmig mit dem Kern im dünnen Ende, oder stark zusammengedrückt mit dem Kern im schmalen Ende, oder keilförmig mit verdicktem schmalem Kernende und breitem kantenförmigem hinterem Rande. Diese Forderungen sind nicht bloss nicht erfüllt, sondern es stehen manchmal die Thatsachen in scharfem Widerspruch mit

ihnen. Körner von gleicher Gestalt haben ganz ungleich gestaltete Bildner, und Bildner von gleicher Gestalt und Grösse sind an ganz ungleich gestalteten Körnern befestigt. So sitzt z. B. an kegelförmigen Stärkekörnern aus verschiedenen Pflanzen der kleine Stärkebildner dem schmalen Ende auf, während das abgekehrte Ende wohl fünfmal dicker ist als der Stärkebildner; wenn der letztere für die Ernährung massgebend wäre, so sollte das Ende, das ihn trägt, immer das breitere und dickere sein. Im Wurzelstock von Canna sind die Stärkekörner im Allgemeinen dreieckig, der hintere Rand gewölbt; diesem hinteren Rande sitzt nach den Zeichnungen des Verfassers der Stärkebildner nicht bloss in der Mitte auf, wie es die Theorie von der massgebenden Ernährung verlangen würde; sondern er kann auch mehr oder weniger einer Ecke genähert sein. Ich verzichte auf verschiedene andere Bemerkungen, die sich aufdrängen und die ebenfalls den Mangel an Uebereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung darthun würden.

Soll ich nach einer sorgfältigen Prüfung der neuen Schimper'schen Beobachtungen meine eigene Ueberzeugung betreffend das Wachsthum der Stärkekörner aussprechen, so ist mein Urtheil folgendes und zwar das nämliche, das ich schon im Jahr 1858 ausgesprochen habe. Als sicher erachte ich, dass das Stärkekorn an seiner ganzen Oberfläche Nährlösung aufnimmt, und dass das Wachsthum im Allgemeinen von der Oberfläche nach der Mitte hin zunimmt, — dass aber dieses Wachsthum durch innere und äussere Ursachen modifizirt wird, und dass dadurch die zahlreichen Abänderungen in Grösse, Gestalt, Schichtung (wozu auch die Zusammensetzung durch innere Bildungen gehört), in Consistenz und in der sog. chemischen Beschaffenheit hervorgebracht werden.

Zu den inneren Ursachen rechne ich ausschliesslich die jeweilige Configuration des ganzen Systems, d. h. die in

jedem Zeitmoment erlangte Constitution bezüglich Anordnung, Grösse und Gestalt der Stärkemicelle sowie Anordnung und Menge der Wassermoleküle. Diese Constitution hat natürlich den hauptsächlichsten Einfluss auf die neue Einlagerung; sie entscheidet sich aber, was ihren allgemeinen Charakter betrifft, schon in den primordialen Stadien und wird hier durch die Eigenthümlichkeit des Zellinhaltes, vielleicht am meisten durch den Stärkebildner, bedingt. Sie ist also eigentlich ein Produkt äusserer Einflüsse, wie ja alle inneren Ursachen ursprünglich aus äusseren Ursachen hervorgegangen sind.

Zu den äussereu Ursachen, welche neben den inneren in jedem Stadium des Wachsthums wirksam sind, gehört die chemische Beschaffenheit der Zellflüssigkeit, die in derselben thätigen Bewegungen und Umbildungen, die Temperatur, und besonders die Beschaffenheit des das Stärkekorn umgebenden Plasmas mit Einschluss des Stärkebildners, welch' letzterer vielleicht fortwährend einen Einfluss auf die Orientirung der ungleichen Radien des Stärkekorns ausübt.

Ich komme endlich zu denjenigen Beobachtungen des Verfassers, welche am meisten seine Auflagerungstheorie zu beweisen scheinen und die auch offenbar ihm dieselbe eingegeben haben. Es sind dies Stärkekörner, welche innerhalb einer normalgeschichteten Hülle einen corrodirten Kern mit unregelmässiger Oberfläche besitzen, und welche nach seiner Deutung entstanden sind aus einem durch Lösungsmittel auf natürlichem Wege zerfressenen Korn, auf welches sich beim Wiedereintritt der Stärkebildung Schichten abgelagert haben. — Ich habe bei meinen früheren Untersuchungen über Stärkekörner nie so deutliche Formen gesehen, wie sie der Verfasser zeichnet, wohl aber ähnliche, die mir einigen Zweifel über die Deutung erregten, die ich aber doch in anderer Weise erklären zu können glaubte.

Indessen will ich die von dem Verfasser gegebene Darstellung nicht anzweifeln, wiewohl es mir zur Beruhigung diente, wenn die morphologische Beobachtung und Beschreibung etwas vollständiger wäre. Das corrodirte Korn der abgebildeten Formen hat die Gestalt eines dünnen Täfelchens; dasselbe ist nur in der Flächenansicht gezeichnet, ebenso sein späterer Zustand, in welchem es von einer Hülle rings umgeben ist. Es wäre in mehr als einer Beziehung wünschbar gewesen, wenn eine Seitenansicht gegeben und gezeigt worden wäre, wie sich die Auflagerung an den beiden Flächen verhalte.

Gleichwohl nehme ich an, dass die Bildungsgeschichte sich genau so verhalte, wie es der Verfasser angiebt, dass also die ganze äussere Partie dieser Stärkekörner späteren Ursprungs sei. Dann haben wir hier einen Fall, wie er auch bei Zellmembranen vorkommt, wo ebenfalls das Wachsthum durch Intussusception Regel ist, und wo als Ausnahme innerhalb der Membran eine zweite Membran entstehen kann. Die Ursache, warum die Cellulosebildung nicht mehr zur Verdickung der bereits vorhandenen, sondern zur Anlage einer neuen Membran dient, muss in dem Umstande zu finden sein, dass die Verhältnisse, welche beim Beginne der ersten Membran vorhanden waren, wieder eintreten, dass nämlich der Plasmaschlauch, der sonst der Membran dicht anliegt, eine Zeit lang sie nur locker berührt und somit gleichsam wie bei einer nackten Zelle an Flüssigkeit grenzt.

In analoger Weise muss die Anlagerung eines Schichtencomplexes auf der Oberfläche eines Stärkekorns sich aus den nämlichen Ursachen ergeben, welche sonst bei der Neubildung der Stärkekörner wirksam sind, indem die Verhältnisse ein Weiterwachsen des vorhandenen Korns unmöglich machen. Die Intussusception, welche der normale Wachsthumsvorgang ist, erfolgt desswegen, weil die stärkebildenden Kräfte

im Inneren des Stärkekorns (zwischen den Micellen) mächtiger sind als an seiner Oberfläche und daher bei einer so geringen Concentration der Nährlösung schon wirksam werden, bei der die Kräfte an der Oberfläche noch keine Stärke zu bilden vermögen. Beim Beginn der Stärkebildung in einer Zelle legen sich die ersten Stärkemicelle, die zunächst beisammen liegen, durch ihre gegenseitige Anziehung an einander an und stellen in ihrer Vereinigung den Anfang eines Korns dar, in dessen Innerem die Stärkebildung weiter geht. Jene Stärkemicelle legen sich nicht an fremde Körper (z. B. an Plasmakörper) an, weil sie zu diesen keine Verwandtschaft haben.

Warum ein durch Lösungsmittel zerfressenes Stärkekorn nicht mehr in seinem Inneren wächst, wird durch folgende Ueberlegung leicht begreiflich. Stark corrodirte, selbst durchlöcherte Täfelchen von fleckigem Ansehen sogar mit Vacuolen im Inneren, wie sie der Verfasser beschreibt, sind jedenfalls auch in ihrer Micellarstructur mehr oder weniger verändert, vielleicht desorganisirt. Auch mögen Eiweissmicelle und wohl noch andere fremde Stoffe eingetreten sein und sich an- oder eingelagert haben. In einem so veränderten Stärkekorn sind auch die Molekularkräfte andere geworden und es wäre nur sehr begreiflich, wenn in demselben nicht mehr aus Zucker Stärke gebildet werden könnte. Es besteht überhaupt das Gesetz, dass ein organisirter Körper nur dann wachsen und sich weiter entwickeln kann, wenn er in seiner Micellarconstitution intact bleibt, und dass bei einer Störung derselben nicht Fortbildung stattfindet, sondern Neubildung beginnt. Dies gilt namentlich auch für die Entstehung der Organismen, wie ich an einem andern Ort zeigen werde, — und was die Stärkekörner betrifft, so hege ich die Ueberzeugung, dass, wenn man ein durch Hitze aufgequollenes Stärkekorn in eine lebende stärkebildende Zelle hineinlegen könnte, dasselbe nicht durch Intussusception fortwachsen

würde, und zwar nicht etwa desswegen, weil es die zuckerhaltige Nährlösung nicht aufnähme, sondern weil die stärkebildenden Kräfte in ihm nicht mehr zu wirken vermögen.

In Zellen, in welchen corrodirte Stärkekörner befindlich sind, muss daher die Stärkebildung ,frei in der Zellflüssigkeit beginnen. Da aber die Substanz der corrodirten Körner anziehend auf die entstehenden Stärkemicelle wirkt, so legen sich diese nicht zu Anfängen von neuen Körnern zusammen, sondern sie lagern sich auf die Oberfläche der corrodirten Körner. Sobald 3 oder 4 Micellschichten sich aufgelagert haben, so findet bloss noch Einlagerung zwischen den Micellen statt, weil hier nun die Verhältnisse für die Stärkebildung am günstigsten sind.

Die Auflagerung eines Ueberzuges von Stärke auf einem corrodirten Korn ist also ein durch die veränderten Verhältnisse bedingter, vorübergehender Akt, der nicht die Bedeutung des Appositionswachsthums, sondern vielmehr die Bedeutung einer Neubildung hat. Die sich bildende Hülle um das corrodirte Korn ist gleichsam ein neues Korn, welches sich darüber lagert. Diese Hülle wächst durch Intussusception und wird geschichtet in der nämlichen Weise wie ein junges kugeliges Korn. Die innerste Schicht ist nach den Zeichnungen des Verfassers stets breit und weich, sie entspricht dem Kern der normalen Körner.

In einem Schlusswort vergleicht der Verfasser die Stärkekörner mit andern Körpern, um dadurch ihre Natur festzustellen. Hier steigert sich nun die Unklarheit über die molekulare Constitution der organisirten Substanzen, die ich schon Eingangs berührt habe, bis zur Unverständlichkeit. Es ist sehr zu bedauern, dass der Verfasser nicht eine bildliche Darstellung über die Anordnung seiner „Stärkemoleküle“ mit dem umgebenden Wasser beigefügt hat, wie er sie für die mechanische Theorie des Wachs-

thums brauchte, um dann die nämliche Darstellung wieder für die Schlussfolgerungen zu verwerthen. Denn die Construction auf dem Papier ist ja das beste Mittel, Andern etwas begreiflich zu machen, und zugleich auch der Prüfstein für die Sicherheit der eigenen Vorstellung. Man kann ja unklar und unlogisch denken, unklar und diplomatisch schreiben, aber nicht unklar und diplomatisch zeichnen.

Der Verfasser beginnt sein Schlusswort mit der Behauptung, dass die Constitution der Stärkekörner nicht wesentlich abweiche von derjenigen anderer starrer Körper; wir hätten bloss festzustellen, ob sie amorph oder krystallinisch seien, und dies zeige sich in der Cohaesion und in den optischen Eigenschaften; die Cohaesion sei bei amorphen Körpern nach allen Richtungen gleich; die Stärkekörner dagegen seien parallel der Schichtung sehr spröde und senkrecht zu derselben sehr dehnbar; also verhalten sich dieselben wie krystallinische Körper.

Hiezu will ich bloss bemerken, dass wir doch nicht etwa alle Körper in amorphe und krystallinische eintheilen können, sondern dass dieser Unterschied erst Platz greift, wenn im Uebrigen eine übereinstimmende Constitution festgestellt ist. Zunächst hätte also die Molekularstructur der Stärkekörner mit derjenigen unorganischer Körper verglichen werden sollen. Dann hätte sich herausgestellt, dass das Stärkekorn seinem Wesen nach ein ganz anderer Körper ist als ein Sphaerokrystall von Kalk, mit dem es verglichen wird, — dass die Cohaesion in dem Stärkekorn und in einem krystallinischen Körper zwar sich analog äussert, aber eine ganz verschiedene Natur hat und aus verschiedenen Ursachen hervorgeht. Im Krystall wird die Cohaesion bedingt durch die Anziehungen zwischen den Molekülen, im imbibirten Stärkekorn durch die Anziehungen zwischen den durch Wasser getrennten Micellen. Im Krystall besteht Gleichgewicht zwischen den Anziehungen

und Abstossungen der Moleküle unter einander, im Stärkekorn Gleichgewicht zwischen den Anziehungen der Micelle unter einander und den Anziehungen der Micelle zu Wasser. Wenn man auf die Struktur der Körper und auf das Zustandekommen der Cohaesion keine Rücksicht nimmt, so könnte man mit demselben Recht, wegen der ungleichen Cohaesion in verschiedenen Dimensionen, ein Stück Holz oder ein Gewebe aus Leinwand und Baumwolle für krystallinisch erklären.

Im Stärkekorn hat nicht die ganze Masse sondern nur das einzelne Micell vollkommene Analogie mit dem Krystall, und diese Analogie wird bewiesen durch die optischen Eigenschaften, wie ich schon vor Jahren dargethan habe. Wenn man nämlich Abschnitte von Stärkekörnern durch Schneiden erhält, so polarisiren dieselben das Licht, wie es die ganzen Körner thun. Da in einem solchen Fall die Spannungen zwischen den Micellarschichten und ebenso zwischen den einzelnen Micellen fast ganz verschwinden, so können die doppelbrechenden Eigenschaften nicht von Spannungen zwischen den Micellen herrühren, sondern sie müssen in der krystallinischen Natur der Micelle beruhen.

Ich wiederhole dies, weil der Verfasser zwar meiner Ansicht beitritt, aber meinen „Schluss als nicht stichhaltig“ erklärt. Ich will auf seine bezüglichen Ausführungen nicht näher eintreten und keine optisch-physikalische Vorlesung halten, sondern mich auf eine Bemerkung beschränken. Der Hauptgrund, warum die Abschnitte von Stärkekörnern nicht beweisend sein sollen, wird aus der Thatsache abgeleitet, dass kleine Bruchstücke von andern Körpern, die nachweisbar in Folge von Spannungen doppelbrechend sind, die doppelbrechenden Eigenschaften behalten. Diese Thatsache soll von mir durchaus nicht bestritten werden; sie war mir von Glassplittern aus schnell abgekühlten Glaskugeln schon bekannt, als ich den Versuch mit den Abschnitten von

Stärkekörnern machte. Aber sie beweist Nichts; denn es handelt sich ja nicht darum, überhaupt zwei Körper mit Spannungen und deren Bruchstücke mit einander zu vergleichen, sondern darum, durch welche Ursachen die Spannungen hervorgebracht werden, welchen Betrag sie erreichen, und ob bei der Zersplitterung des Körpers die Spannungen in Stücken von bestimmter Grösse und Gestalt bis auf einen unmerklichen Betrag verschwinden müssen oder nicht. Wenn ich alles dies erwäge, so muss ich meinen vorhin erwähnten Schluss immer noch als vollkommen stichhaltig betrachten.

Der Verfasser will meinen Beweis durch einen besseren ersetzen, welchen er in der Thatsache zu finden glaubt, dass Stärkekörner in den ersten Stadien des Aufquellens mit zahlreichen radialen Spalten doppelbrechend bleiben. Ich hege bezüglich der Deutung dieser Erscheinung einigen Zweifel, und habe sie daher, als ich die optischen Eigenschaften der Stärkekörner beschrieb, nicht benützt. Es ist nämlich bei einer so complizirten Erscheinung schwer, sich vollständige Rechenschaft von den mechanischen Vorgängen zu geben, denn was der Verfasser darüber sagt, ist lange nicht erschöpfend. Durch das Aufquellen entstehen neue Spannungen, deren Einwirkung auf die früheren Spannungen sich nicht genau übersehen lässt. Die Rissebildung dient zunächst dazu, die Quellungsspannungen zu vermindern. Durch die Risse zerfällt ferner die Substanz in Kugelpyramiden, in denen immer noch Spannungen zwischen den äusseren und inneren Schichten fortbestehen können. Endlich ist zu bemerken, dass beim Aufquellen der Stärkekörner die doppelbrechenden Eigenschaften rasch abnehmen und bald ganz verschwinden, so dass man sogar versucht sein könnte, dieses Verschwinden auf Rechnung der verminderten Spannungen zu setzen. Indess wäre ein solcher Schluss sicher unrichtig, da das Verschwinden der

Doppelbrechung daher rührt, dass die Micelle beim Aufquellen verschoben werden und ihre Orientirung verlieren. Alle diese Umstände zeigen, dass künstlich aufquellende Stärkekörner kein günstiges Beweisobject sind.

Da die Spannungen in den Stärkekörnern zwischen den Schichten bestehen, so werden dieselben in losgetrennten Stücken um so eher verschwinden, je weniger Schichten mit einander zusammenhängen. Desswegen habe ich dünne Abschnitte von grossen Körnern zur Beobachtung verwendet, weil dieselben, je dünner und flacher sie sind, um so eher durch Wassereinlagerung ihre Gestalt verändern können, bis die Spannungen verschwunden sind. Betrachtet man solche Abschnitte unter dem Polarisationsmikroskop genau von der Fläche, so kommen übrigens die Spannungen, auch wenn sie noch vorhanden wären, bei der wahrgenommenen Doppelbrechung gar nicht zur Geltung.

Nachdem der exact geschulte Leser eine Reihe von Ueberraschungen im Verlaufe der Schimper'schen Ausführungen erfahren hat, steht ihm noch die grösste in dem Endergebniss betreffend die Natur der Stärkekörner bevor. Dieselben sollen krystallinische Körper (Sphaerokrystalle) sein, aus radialgestellten Krystallfasern oder faserigen Krystallen, wie sie auch genannt werden, zusammengesetzt, welche als Krystalloide zu betrachten seien.

Dieses Endergebniss tritt mit der ganzen vorausgegangenen Theorie des mechanischen Wachsthums in Widerspruch. Der Verfasser gieng von „Molekülen" (Micellen) aus, die sich als continuirliche Schicht auflagern, Wasser zwischen sich eintreten lassen, dadurch einen Zug auf die innere Masse ausüben und in Folge dessen gewisse Partieen derselben zur Verschleimung veranlassen; von diesen „Molekülen" nimmt er auch am Schlusse noch an, dass sie möglicher Weise radial verlängert seien, und dass dadurch